

Biocombustíveis Sólidos

Fonte energética alternativa visando à recuperação de áreas degradadas e à conservação do Bioma Caatinga

Silvio Roberto de Lucena Tavares
Editor Técnico



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE





 **BVA** BRIQUETES
VALE DO AÇU

Produção de lenha ecológica a partir
de biomassa vegetal



Biocombustíveis Sólidos

Fonte energética alternativa visando à recuperação de áreas degradadas e à conservação do Bioma Caatinga

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Biocombustíveis Sólidos

Fonte energética alternativa visando à recuperação de áreas degradadas e à conservação do Bioma Caatinga

Silvio Roberto de Lucena Tavares

Editor Técnico

*Embrapa, Brasília, DF
Editora do IFRN, Natal, RN*

2014

Exemplares desta publicação podem ser obtidos nas seguintes instituições:

Embrapa

Rua Jardim Botânico, 1.024 – Jardim Botânico
Rio de Janeiro, RJ
CEP: 22460-000
Fone: (21) 2179-4500
Fax: (21) 2274-5291
www.cnps.embrapa.br
sac: <http://argissolo.cnps.embrapa.br/sac/>

Editora do IFRN

Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1.692 – Tirol
Natal, RN
CEP: 59.015-300
Fone: (84) 4005-0757
www.ifrn.edu.br
comunicacao.reitoria@ifrn.edu.br

1ª edição

1ª impressão (2014): 1.000 exemplares

Coordenação editorial

Silvio Roberto de Lucena Tavares

Supervisão editorial

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

Revisão de texto

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares
Maria Clara Bezerra de Araújo

Normalização bibliográfica

Ricardo Arcanjo de Lima

Projeto gráfico e

Editoração eletrônica

Agência 2A Comunicação

Capa

Jorge Henrique de Medeiros Santos

Foto de capa

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Solos

Biocombustíveis sólidos : fonte energética alternativa visando à recuperação de áreas degradadas e à conservação do Bioma Caatinga / editor: Silvio Roberto de Lucena Tavares. -- Brasília, DF : Embrapa; Natal, RN : Editora do IFRN, 2014.

400 p. : il. color ; 18,5 cm x 23,2 cm

ISBN: 978-85-8333-068-4

1. Briquete. 2. Semiárido. 3. Meio ambiente. I. Tavares, Silvio Roberto de Lucena.

CDD (23.ed.) 662.88

Autores

ADOILDO DA SILVA MELO

Engenheiro-agrônomo,
técnico da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ
adoildo.melo@embrapa.br

ANDRÉA SANTOS PINHEIRO

Tecnóloga em Materiais, M.Sc. em Materiais Cerâmicos,
instrutora de Educação Profissional e Tecnologia do Senai/CTGAS-ER,
Natal, RN
andreas@ctgas.com.br

ANGÉLICA GILKSANAN SOUZA DE LIMA

Tecnóloga em Materiais, M.Sc. em Materiais Cerâmicos,
técnica de nível superior do Senai/CTGAS-ER, Natal, RN
angelica@ctgas.com.br

CLÁUDIO LUCAS CAPECHE

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Ciência do Solo,
pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ
claudio.capeche@embrapa.br

FERNANDA AUGUSTA PINTO TEIXEIRA

Geógrafa, M.Sc. em Geomática,
consultora, Rio de Janeiro, RJ
fernadaapt@gmail.com

IVAN TARGINO MOREIRA

Economista, D.Sc. em Economia,
professor da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB.
ivantarginomoreira@yahoo.com.br

JOSÉ CARLOS POLIDORO

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Ciência do Solo,
pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ
jose.polidoro@embrapa.br

JOSÉ NILDO GALDINO

Engenheiro-químico, D.Sc. em Processamento de Materiais Cerâmicos,
instrutor de Educação Profissional e Tecnologia do Senai/CTGAS-ER,
Natal, RN
nildo@ctgas.com.br

JOSÉ RONALDO DE MACEDO

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Energia Nuclear na Agricultura,
pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ
jose.ronaldo@embrapa.br

JUDAS TADEU DA COSTA FERREIRA NERI

Engenheiro-químico, M.Sc. em Processos Industriais,
instrutor de Educação Profissional e Tecnologia do Senai/CTGAS-ER,
Natal, RN
tadeu@ctgas.com.br

KERSON CARLOS LIMA DOS SANTOS

Técnico em Geologia/Mineração,
técnico especializado do Senai/CTGAS-ER, Natal, RN
kerson@ctgas.com.br

LUCIENE FERREIRA GASPAR AMARAL

Bacharel em Química e Direito, D.Sc. em Química de Produtos Naturais,
especialista sênior em Propriedade Intelectual – Inpi, Rio de Janeiro, RJ
luciene.amaral@inpi.gov.br

LUIZ RONALDO IGLÉSIAS

Engenheiro-civil e Administrador de Empresas, M. Sc. em Administração,
gerente de Crédito e Risco da Agência de Fomento do Rio Grande do
Norte, Natal, RN
ron.iglesias@yahoo.com.br

MARIA REGINA CAPDEVILLE LAFORET

Historiadora, M.Sc. Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento,
analista da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ,
regina.laforet@embrapa.br

MARIJARA DE LOURDES LEAL

Desenhista industrial, M.Sc. em Engenharia de Produção,
analista técnica do Sebrae Natal, RN
marijara@rn.sebrae.com.br

MARÍLIA AMARAL DE MOURA ESTEVÃO TAVARES

Jornalista, M.Sc. em Economia,
assessora de Comunicação do IFRN, Natal, RN
marilia.estevao@ifrn.edu.br

MELISE CARINA DUARTE DE ALMEIDA

Tecnóloga em Materiais, mestranda em Materiais Compósitos,
técnica de nível superior do Senai/CTGAS-ER, Natal, RN
melise@ctgas.com.br

RODRIGO PEREIRA DA SILVA

Engenheiro-mecânico,
bolsista do CNPq no Projeto de Inovação do Senai/CTGAS-ER, Natal, RN
rodrigopereira@ctgas.com.br

SILVIO ROBERTO DE LUCENA TAVARES

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Geotecnia Ambiental,
pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ
silvio.tavares@embrapa.br

VINIcius DE MELO BENITES

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fertilidade do Solo e Fertilizantes,
pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ
vinicius.benites@embrapa.br

Apresentação

Atualmente, o crescimento das cidades e a expansão das fronteiras agropecuárias, muitas vezes sem o devido acompanhamento técnico, têm provocado a degradação ambiental de extensas áreas no meio rural, impactando negativamente a vida de seus habitantes. A situação é especialmente grave no semiárido brasileiro, que vive hoje um franco processo de desertificação.

Propor soluções, através da pesquisa aplicada e da transferência de tecnologia, que melhorem as condições de vida do homem do campo, tem sido a missão da Embrapa Solos desde a sua origem, em 1947, ainda como Comissão de Solos do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (SNPA) do Ministério da Agricultura.

Pois esse é exatamente o objetivo desta obra, fruto do Projeto Caatinga Viva, concebido neste centro e executado em parceria com outras quatro instituições, em uma das regiões mais pobres do Brasil, no sertão do Rio Grande do Norte. Trata-se de uma coletânea de artigos escritos por pesquisadores não só desta casa, como de outras instituições de pesquisa que, ao longo dos três anos de execução do Projeto, vêm dando suas contribuições ao desenvolvimento sustentável dos municípios em situação de vulnerabilidade ambiental daquele estado.

Tais artigos foram transformados em capítulos e organizados de tal forma que, juntos, formam um compêndio com unidade de conteúdo. Nele, estão contidas desde reflexões sobre o papel da inovação no desenvolvimento de uma nação, até as vantagens comparativas que a região estudada possui para a criação de um *cluster* energético, passando por aspectos técnicos da recuperação de áreas degradadas e do processo produtivo da indústria de cerâmica vermelha, dentre outros temas interligados.

Há que se salientar, no entanto, que o foco principal da obra é a pesquisa visando à produção de um tipo de biomassa moderna de segunda geração. Estudos preliminares apontam que a região estudada reúne boas condições de produzir briquetes a partir do aproveitamento dos talos e palhas secas da carnaúba, após a retirada do pó cerífero usado na produção de cera de carnaúba. Esse biocombustível pode ser a salvação da atividade ceramista local que hoje depende basicamente da lenha retirada de forma insustentável da mata nativa para queimar em seus fornos.

Assim, esperamos que a leitura desse livro contribua para alimentar novos estudos sobre o assunto, inspirando a criação de políticas públicas voltadas especialmente para essa e outras áreas do nosso país igualmente ameaçadas pela pressão antrópica sobre seus ecossistemas. Uma boa leitura a todos!

Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin
Chefe-Geral da Embrapa Solos

Prefácio

Um dos papéis da academia – talvez o mais importante deles por ser a razão de sua existência – é responder, com suas pesquisas, às questões cruciais de uma sociedade, no momento histórico em que ela se encontra; é ajudar na resolução de problemas que impedem que uma comunidade, uma cidade, um país e até o mundo evoluam para um estado de bem-estar e harmonia superior.

Nesse sentido, iniciativas como o Projeto Caatinga Viva possuem uma dimensão maior do que a intervenção pura e simples num determinado ecossistema, na tentativa de preservá-lo. Em uma inversão da lógica preservacionista, em vez de apenas defenderem a paralisação das atividades econômicas que hoje colocam o meio ambiente em risco, oferecem uma alternativa para que essas mesmas atividades continuem a se desenvolver, gerando emprego e renda para sua população. Como? Bem, esse é o assunto dos 13 capítulos dessa obra que o leitor tem nas mãos.

Sobre a estrutura do livro, há que se ressaltar uma característica que o diferencia da grande maioria das obras oriundas de pesquisas acadêmicas: o seu viés prático, de grande aplicabilidade. De fato, quem estiver interessado em investir na produção de energia renovável em qualquer área do semiárido que reúna condições análogas à da região estudada, vai encontrar informações objetivas sobre o potencial das chamadas biomassas modernas de segunda geração – os biocombustíveis sólidos de que trata o título da obra.

Entre os autores estão pesquisadores que há muito se debruçam sobre os diversos temas do livro: economia regional, fragilidade e vulnerabilidade ambiental, recuperação de áreas degradadas, produção de cerâmica vermelha, desertificação, produção de briquetes, inovação na agropecuária, entre outros. Contudo, um tema me parece especialmente caro para nós, que assistimos com pesar a redução sistemática dos carnaubais do Vale do Açu nas últimas décadas: o resgate da

carnaúba – a “árvore da vida” – que agora nos oferece mais um motivo para ser preservada: o aproveitamento de suas folhas e talos secos para a produção de energia, no processo de briquetagem.

Como gestor de uma das instituições parceiras do projeto, é com muito orgulho que recebo este precioso fruto do Projeto: o primeiro livro a tratar da produção de briquetes no semiárido potiguar. Quem sabe se um dia, além do petróleo e da força dos ventos, o Rio Grande do Norte também possa ser referência na união da tradição econômica e cultural com as novas tecnologias de produção sustentável de cerâmica vermelha.

Belchior de Oliveira Rocha

Reitor do IFRN

Sumário

INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO 1 – Desenvolvimento Econômico-Regional e Sustentabilidade Ambiental	25
1.1 Antecedentes do conceito de desenvolvimento econômico	27
1.2 Economia do subdesenvolvimento	29
1.3 A nova teoria do crescimento econômico e as economias de aglomeração	31
1.4 Economia regional	34
1.5 Desenvolvimento sustentável	36
CAPÍTULO 2 – A Inovação na Agropecuária	43
2.1 A transferência de tecnologia como um meio de inovação	45
2.2 A dinâmica da inovação	46
2.3 Os sistemas de inovação	51
2.4 Pesquisa agropecuária e inovação	58
CAPÍTULO 3 – Elementos para a Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de um Empreendimento	71
3.1 A importância da análise <i>ex-ante</i> de um empreendimento	73
3.2 Plano de negócios: conceitos e características	74
3.3 Plano financeiro	81
3.4 Análise econômico-financeira de um plano de negócios	84
3.5 Uso de <i>software</i> para elaborar um plano de negócios	88
CAPÍTULO 4 – Caracterização dos Municípios do Baixo-Açu	93
4.1 Delimitação geográfica do Baixo-Açu potiguar	95

4.2 Aspectos físicos	96
4.3 Uso da terra	104
4.4 Aspectos demográficos	109
4.5 Economia	114
CAPÍTULO 5 – Estimativa da Fragilidade e Vulnerabilidade Ambiental das Unidades de Paisagem para os Municípios do Baixo-Açu	125
5.1 A pressão antrópica sobre os espaços naturais	127
5.2 Base conceitual	128
5.3 Metodologia	130
5.4 Resultados	134
5.5 Conclusões	147
CAPÍTULO 6 – Recuperação de Áreas Degradadas	151
6.1 A degradação dos solos no mundo	153
6.2 Área degradada	156
6.3 Recuperação, reabilitação e restauração	159
6.4 Integração e evolução dos conceitos	160
6.5 Degradação ambiental	161
6.6 Manejo e conservação do solo, da água e da biodiversidade	174
6.7 Sistemas de produção	196
6.8 Recuperação de áreas degradadas com voçorocas	199
6.9 Convivência com a seca	204
CAPÍTULO 7 – A Indústria de Cerâmica Vermelha no Rio Grande do Norte e no Baixo-Açu Potiguar	221
7.1 A indústria de cerâmica vermelha no Brasil	223
7.2 A indústria de cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte	223
7.3 O processo produtivo na indústria de cerâmica vermelha potiguar	226
7.4 A indústria de cerâmica vermelha na região do Baixo-Açu	244
7.5 A indústria cerâmica e o agravamento da desertificação no Baixo-Açu	255
CAPÍTULO 8 – Fornos para Cerâmica Vermelha e Eficiência Energética	259
8.1 Principais fornos da indústria de cerâmica vermelha	261
8.2 O sistema de queima e a eficiência energética do setor ceramista	270

CAPÍTULO 9 – Diagnóstico do Uso de Lenha e Carvão Vegetal no Baixo-Açu ...	277
9.1 Parâmetros para a estimativa do consumo de energéticos madeireiros no Brasil	279
9.2 Consumo residencial	280
9.3 Consumo industrial	283
9.4 Balanço da oferta e do consumo total de lenha e carvão vegetal	287
CAPÍTULO 10 – O Briquete como Alternativa Energética para Reduzir o Desmatamento da Caatinga no Baixo-Açu Potiguar	293
10.1 O potencial do uso de resíduos vegetais na produção de energia	295
10.2 Conceituação de biomassa	296
10.3 Antecedentes de uso de biocombustíveis sólidos adensados no mundo e no Brasil	298
10.4 Caracterização de <i>pellets</i> e briquetes	301
10.5 Vantagens comparativas da região do Baixo-Açu para a produção de briquetes	306
10.6 A carnaúba como matéria-prima principal na produção de briquetes	309
10.7 O capim-elefante como matéria-prima secundária para a produção de briquetes na região do Baixo-Açu	316
10.8 O processo produtivo do briquete	317
CAPÍTULO 11 – Estudo da Viabilidade da Instalação de Duas Fábricas de Briquete na Região do Baixo-Açu	329
11.1 Objetos da análise de viabilidade econômico-financeira	331
11.2 Investimentos em capital fixo e capital de giro	335
11.3 Custos de produção e fluxos de caixa	342
11.4 Metodologia da análise de viabilidade econômico-financeira	356
11.5 Resultados	358
11.6 Conclusão	372
CAPÍTULO 12 – Determinação do Preço da Energia do Briquete e da Lenha ...	375
12.1 Economia de escala na produção de biocombustíveis sólidos: uma comparação com o mercado brasileiro de etanol	377
12.2 Preço da energia e poder calorífico do briquete de palha de carnaúba	379
12.3 Custo da lenha e do briquete de palha de carnaúba no Baixo-Açu	382

CAPÍTULO 13 – O Projeto Caatinga Viva e os Possíveis Impactos Ambientais e Sociais da Instalação de um APL de Briquetes no Baixo-Açu Potiguar de Biocombustíveis Adensados no Baixo-Açu I	393
13.1 O Projeto Caatinga Viva e o PAN–Brasil	395
13.2 Impactos ambientais	395
13.3 Geração de trabalho e renda	397

Introdução

A utilização de florestas como fonte de energia é tão antiga quanto a história da humanidade. Desde os primórdios da história da civilização, a vegetação se constituiu como uma fonte energética, sendo utilizada em atividades domésticas e posteriormente em atividades manufatureiras e industriais. O Rio Grande do Norte apresenta um quadro de forte dependência social e econômica em relação ao recurso florestal, principalmente nas microrregiões do Seridó e Baixo-Açu que possuem parques industriais cerâmicos.

A biomassa oriunda, na sua maior parte, de matas nativas, fornece energia para 35% do parque industrial do estado e é a sua segunda fonte de energia com uma participação de 30% da sua matriz energética. Contudo, a exploração florestal com essa finalidade ainda utiliza-se de técnicas extremamente rudimentares que proporcionam uma pressão sobre o meio ambiente, afetando diretamente as espécies vivas que habitam esses espaços. Convém destacar que o desmatamento acelerado da caatinga coloca em risco a sua biodiversidade e a sobrevivência de camadas da população que dependem do potencial de seus recursos naturais para sobreviverem.

Nos últimos anos, a região do Baixo-Açu vem apresentando um aumento expressivo de estabelecimento de novos empreendimentos (panificadoras, carvoarias, queijarias, caeiras, atividades ceramistas, torrefação e moagem de alimentos, fabricação de peças artesanais, etc.) que exploram de forma descontrolada o meio ambiente e, em especial, a vegetação nativa. Essas atividades, em sua maioria, utilizam a lenha do Bioma Caatinga como principal fonte energética em seus processos.

Considerando a classificação estabelecida no *Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN Brasil* (MMA, 2004), o Rio Grande do Norte apresenta 51.519,01 km² de seu território incluídos nas Áreas Susceptíveis de Desertificação (97,6%). Desse território, 48.706,01 km²

são áreas classificadas como semiáridas, nas quais estão inseridos os municípios de abrangência do Projeto Caatinga Viva: Assú, Ipanguaçu, Afonso Bezerra, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Itajá, Macau, Pendências e Porto do Mangue, que totalizam uma área territorial de 4.670,29 Km².

Dessa forma, a importância socioeconômica e ambiental da Caatinga justifica programas, planos, projetos e ações governamentais em parceria com organizações da sociedade civil, no sentido de promover o uso sustentável dos seus recursos, imprescindíveis ao desenvolvimento dessas regiões.

A Embrapa, na sua nobre missão de desenvolver o meio rural em todos os biomas do Brasil, em benefício da sociedade brasileira, enxergou no edital 2010 do Programa Petrobras Ambiental uma oportunidade ímpar para propor ao programa, na sua linha de atuação de *Fixação de carbono e emissões evitadas com base na reconversão produtiva de áreas, recuperação de áreas degradadas e conservação de florestas e áreas naturais*, uma inversão da lógica do pensamento técnico dominante hoje no Brasil de se ater apenas aos processos de recomposição florestal visando à conservação da biodiversidade do Bioma Caatinga e o combate aos processos de desertificação.

Com base no objetivo acima, foi criado o Projeto Caatinga Viva, cuja proposta principal é a difusão de tecnologias de adensamento ligno-celulósico para a produção de um biocombustível sólido que substitua parte da lenha utilizada sobretudo pelas indústrias ceramistas existentes na região. A expectativa é de que essa alternativa energética contribua para a redução gradativa dos impactos antrópicos provocados sobre o meio ambiente com a retirada insustentável da mata nativa, promovendo a recuperação e conservação da biodiversidade do Bioma de Caatinga na região do Baixo-Açu, com o benefício de permitir a manutenção das atividades econômicas produtivas da região, mantendo e aumentando a geração de renda e de empregos locais.

O Projeto foi submetido e aprovado em primeiro lugar na edição 2010 do Programa Petrobras Ambiental. Dentre as várias ações propostas por ele, destaca-se a implantação de uma fábrica com capacidade de fabricação anual de 4.680 toneladas de briquetes – o tipo de biocombustível sólido que mais se adequa às características dos fornos da região. Tal fábrica funcionaria também como um laboratório em escala real para formação e capacitação dos diversos atores sociais que poderiam se envolver na criação de um *cluster*¹ energético na região, que poderia servir de

¹ *Cluster* é uma palavra de origem anglo-saxã que significa uma concentração de empresas que, por possuírem características semelhantes e coabitarem no mesmo local, comunicar-se-iam umas com as outras, numa espécie de colaboração informal que as tornariam mais eficientes. O interesse por essa abordagem vem crescendo nos últimos anos e tem feito com que organizações multilaterais e governamentais, além de instituições privadas e do terceiro setor, reorientem as suas ações sob o enfoque da sustentabilidade e do envolvimento de atores sociais, a partir da geração de emprego e renda. A expressão Arranjo Produtivo Local (APL) tem sido utilizada como sinônimo, sendo no entanto preferida por órgãos de fomento e instituições públicas.

exemplo para outras regiões do estado que enfrentam o mesmo dilema entre produzir bens e serviços à custa da degradação do meio ambiente.

Dados do IBGE de 2011 mostram que o Rio Grande do Norte, com mais de 92% da sua área geográfica total inserida no semiárido, apresenta um PIB total de R\$ 36,1 bilhões, equivalente a 0,86% do PIB nacional, colocando a economia do estado na 18ª posição entre os 27 outros estados do País.

Quando se analisa a renda *per capita* de R\$ 10.136,00, o estado decresce no *ranking* nacional para a 22ª colocação. Não sendo preciso entrar na polêmica discussão dos fatores que geram uma distribuição de riqueza não equitativa no mundo, no Brasil, ou no Rio Grande do Norte, o fato é que 60% do PIB potiguar está concentrado em apenas cinco municípios: Natal, Mossoró, Parnamirim, Guamaré e São Gonçalo do Amarante. Destes municípios, Mossoró e Guamaré apresentam uma forte presença econômica advinda da exploração de petróleo em seus territórios.

Apesar de todas as potencialidades naturais comparativas da região do Vale do Açu em relação às outras regiões do estado, o seu PIB total representa apenas 4,43 % do PIB potiguar, mesmo tendo cinco municípios (Macau, Assú, Auto do Rodrigues, Porto do Mangue e Pendências) entre os 30 maiores PIBs municipais do RN por causa da exploração de petróleo e gás.

A renda *per capita* deve ser analisada com muitas ressalvas, contrastando-a com outros indicadores sociais, como a taxa de pobreza, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e o Coeficiente de Gini, utilizado para medir o grau de desigualdade social em determinada população.

O exemplo mais gritante de discrepância entre a renda *per capita* e os outros três índices que medem a qualidade de vida da população pode ser observado no Município de Porto do Mangue: ele tem a segunda maior renda *per capita* do estado – R\$ 40.355,30 (IBGE, 2011), quase o dobro da média do Brasil, que é R\$ 24.065,00 (IBGE, 2011). Ou seja, pelo critério desse indicador, o município não só estaria fora da lista dos mais pobres, como estaria no topo da lista dos mais ricos do País.

Há que se ressaltar que, de maneira geral, o Brasil deixou de ser um país pobre ainda nos anos 60, quando a nossa renda *per capita* ultrapassou a marca de US\$ 3 mil. Logo, a partir dos dados do IBGE, bem como pela cotação do dólar médio também no mesmo ano, observa-se que não só no Município de Porto do Mangue como em praticamente todos os demais do Baixo-Açu (com exceção de Afonso Bezerra), essa meta também está alcançada.

No entanto, esse dado, tomado isoladamente, distorce a análise das reais condições de vida da população da região. Mais uma vez citando o exemplo do Município de Porto do Mangue, os dados do IBGE apontam uma taxa de pobreza de 47,1%, enquanto que a taxa brasileira é de 12,9%; IDHM de 0,590, menor do que o índice do País, estimado em 0,718%; e Coeficiente de Gini de 0,55, que também revela uma desigualdade ligeiramente maior do que o coeficiente nacional, de 0,52.

A conclusão a que esses índices nos permitem chegar é que a riqueza produzida nesse município não se reflete nas condições de vida de seu povo. Ou seja: ali, as pessoas vivem muito pior do que nos demais municípios do Brasil tomados na média. O interessante é que a taxa de pobreza do município mais rico é a maior dentre os nove municípios analisados – a taxa média dos outros oito municípios é de 27,04%.

O que acontece no Baixo-Açu, ainda que em níveis mais graves, é o mesmo que acontece no País como um todo. Apesar de ser a 8ª economia do mundo e de não ser mais considerado pobre, conforme visto anteriormente, o Brasil entrou no que os economistas chamam de “armadilha da renda média”, caracterizada pela incompetência de romper o teto de 16.000 dólares de renda *per capita* para entrar nas economias ditas de renda alta. Conhecido mundialmente pela imensa desigualdade social, há anos o País estacionou no 85º lugar em renda *per capita*.

Outras nações também estão nesse impasse, como China, México, África do Sul e Indonésia (a Índia ainda é considerada um país de baixa renda). Um estudo recente do Banco Mundial analisou 101 países no período de 1960 a 2008 e chegou à conclusão de que apenas 13 conseguiram escapar da armadilha. A conclusão dos estudos mostra, de maneira clara, que esses países vencedores adotaram um conjunto de medidas comuns para escaparem da armadilha, que podem ser sintetizadas na busca obsessiva pela excelência.

Dentre as estratégias para sair da pobreza estão: apoio à educação de alta qualidade e à inovação, abertura à competição internacional e ao livre fluxo de bens e ideias, a construção da infraestrutura necessária ao país, segurança jurídica e principalmente fortalecimento de suas instituições. Trata-se em suma, de passar a ser protagonista e ter voz nos rumos da economia moderna e não cair em “armadilhas ideológicas” vislumbrando algumas economias e sistemas políticos estagnados nos séculos 19 e 20.

Há 40 anos, o Brasil e a Coreia do Sul estavam em situação similar de desenvolvimento, com uma leve vantagem para nós. Até meados dos anos 70, ambos os países tinham um PIB *per capita* de cerca de US\$ 5 mil, em paridade de poder de compra. Desde então, o PIB *per capita* brasileiro mais que dobrou e atingiu US\$ 11 mil, mas

o PIB coreano passou dos US\$ 30 mil. Em 40 anos, a Coreia chegou ao clube das nações ricas e o Brasil, mesmo tendo melhorado, continuou a anos-luz do padrão de vida dos países desenvolvidos.

Logicamente não temos nenhuma pretensão com este livro de “livrar” a região do Baixo-Açu da “armadilha da renda média”, mas sim mostrar que as diretrizes básicas citadas pelos economistas do Banco Mundial servem para qualquer município, qualquer região, qualquer estado e, por conseguinte, para qualquer País. A nossa intenção não é nada mais do que fazer o leitor refletir um pouco fora do quadrado, livre das “fórmulas” tão exaustivamente tentadas, sem êxito, para resolver o impasse entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

O desenvolvimento atual de qualquer região passa necessariamente por uma economia moderna, inovativa, competitiva, aberta, etc. Neste sentido, a região do Baixo-Açu não parte do zero da escala, pois lá já estão instaladas boas empresas, universidades e escolas como a UERN e o IFRN, um centro de pesquisas atuante, como a Emparn/Embrapa, acrescentando ainda o fato de a região ser dotada – ainda que de maneira precária – de certa infraestrutura e o mais importante: de bons recursos naturais e humanos.

Segundo Robert M. Solow, prêmio Nobel de Economia em 1987 e criador, na década de 50, da teoria que explica o crescimento econômico, cinco itens são imprescindíveis para crescer economicamente: abertura comercial; infraestrutura tecnológica; inovação e empreendedorismo; educação superior e instituições sólidas.

Para o eminente economista, a maior fonte de crescimento econômico é um nível elevado e sobretudo sustentável de investimento em capital humano (educação e capacitação), em inovação tecnológica e organizacional, em infraestrutura e equipamentos - tudo isso num ambiente de abertura comercial e competitividade, sem o qual uma nação está fadada à estagnação ou ao retrocesso.

O Projeto Caatinga Viva implantou no Município de Ipanguaçu uma semente, um zigoto, uma fusão celular, ou seja que forma ou nome criativo se dê à implantação de uma fábrica de briquetes no IFRN, na tentativa de se mostrar, na prática, que não adianta o pensamento regional centralizar os esforços apenas no setor primário básico, como agricultura e pecuária ou na exploração florestal ou mineral de petróleo; mas que é fundamental desenvolver os setores da indústria de transformação e de serviços, tal como fez e faz o excelente e competente setor do agronegócio brasileiro. Para se ter uma ideia, atualmente o PIB da agricultura e pecuária do Brasil representa apenas 5,5% do PIB nacional, mas a soma de todas as cadeias produtivas que se relacionam com o campo – o que se convencionou chamar de

agronegócio – representa 23% do PIB brasileiro e gera 37% dos empregos. Trata-se do setor com maior saldo comercial do País e que mantém, ano após ano, o superávit na balança comercial brasileira.

Segundo o ex-ministro da Agricultura Roberto Rodrigues, a cadeia produtiva do setor agro começa na prancheta de um pesquisador científico e termina no prato do consumidor. Passa por todos os insumos (sementes, defensivos, fertilizantes, corretivos, máquinas e equipamentos) e serviços (planejamento, crédito, seguro) – “antes da porteira” das fazendas. Em seguida, vem o “dentro da porteira”, que incorpora desde o preparo do solo até a colheita. Por fim, vem o “depois da porteira”, que vai da armazenagem à distribuição, passando pela industrialização, embalagem, transporte e comercialização interna ou externa. Essa cadeia toda é responsável pela geração de mais de R\$ 1 trilhão no PIB brasileiro. Logicamente, o setor de biocombustíveis sólidos possui e possuirá no futuro cifras muito mais modestas, mas o que interessa é que ele use a lógica do agronegócio na agroenergia.

O presente livro tem o intuito de apresentar ao leitor desde os conceitos mais básicos para o entendimento da dinâmica econômica, visando ao desenvolvimento econômico regional e à sustentabilidade ambiental, até elementos para a análise de viabilidade econômico-financeira de um empreendimento qualquer; caracteriza e estima a fragilidade e vulnerabilidade ambiental dos municípios da região do Baixo-Açu e como recuperar suas áreas degradadas; num segundo momento, o livro apresenta todo o diagnóstico e situação da cerâmica vermelha no estado e na região, o uso de diferentes fornos energéticos e sua eficiência, bem como o uso e consumo de lenha e carvão no Baixo-Açu para, finalmente, apresentar um estudo da viabilidade da instalação de duas fábricas de briquetes na região – uma com as características de um empreendimento construído com recursos e infraestrutura públicos e outro mais próximo da realidade do empreendedor comum.

Inovação e destruição criativa devem ser os conceitos norteadores dessa tentativa da criação de um APL ou *cluster* energético na região do Baixo-Açu. O capítulo 2 descreve e apresenta muito bem o conceito de inovação. Já o conceito de destruição criativa foi difundido pelo economista Joseph Schumpeter (1883-1950) na obra *Capitalismo, Socialismo e Democracia*, lançado em 1942. Sua origem é o *Manifesto Comunista* de 1848, da autoria de Karl Marx (1818-1883) e Friedrich Engels (1820-1895). O manifesto referiu-se às crises de superprodução que supostamente ameaçavam a burguesia: segundo o manifesto, periodicamente, tais crises destroem não apenas grande parte da produção, mas também forças produtivas preexistentes. Essa destruição e a conquista de novos mercados seriam a forma de a burguesia vencer as crises (MARX E ENGELS, 2005).

Para Schumpeter, a destruição provocada pelas crises era positiva, porque impulsionava a sociedade a superar as dificuldades criativamente, acionando o motor capitalista e mantendo-o em movimento, com novos produtos de consumo, novos processos de produção e distribuição, novos mercados e novas formas de comercialização entre as empresas capitalistas.

Daron Acemoglu e James Robinson, no livro *Por que as Nações Fracassam* (2012) também atribuem à destruição criativa o moto contínuo da renovação capitalista. “Habilidades e equipamentos se tornam obsoletos com as novas tecnologias. Surgem ganhadores e perdedores, e estes se opõem às mudanças”. Os autores fazem uma referência aos luditas ingleses que, no século XIX, destruíram máquinas na vã ilusão de restaurar seus empregos. Não percebiam que o progresso proporcionado pelo avanço tecnológico criava emprego em outros lugares. O desafio era adaptar-se à nova realidade criada por inovações como a lâmpada elétrica de Thomas Edison, que tornou obsoleta a iluminação a querosene de John Rockefeller, que migrou para um novo mercado, o da gasolina, gerando novos postos de trabalho num setor que não existia. Enfim, a destruição criativa eleva a produtividade e faz a economia crescer, com a incorporação de mais trabalhadores no mercado de consumo. É assim que o bem-estar se expande para novos estratos da sociedade

Talvez a melhor lição sobre o papel do protagonismo individual do empreendedor para o bem-estar de uma nação esteja na palavras diretas do pai da economia moderna, o escocês Adam Smith (1723-1729), em sua obra *A Riqueza das Nações*, de 1776: “não é da benevolência do açougueiro, do cervejeiro ou do padeiro que devemos esperar nosso jantar, mas da consideração que eles têm pelo seu próprio interesse”.

É com este pensamento, e com imensa gratidão a todos que tornaram esta obra possível, que entrego esta nossa pequena contribuição para a sociedade brasileira, e desejo que este livro seja de grande utilidade para todos aqueles que se interessam pela sustentabilidade econômica e ambiental do Bioma Caatinga, já que os assuntos aqui abordados e o resultado prático das ações aqui propostas podem e devem ser replicados em várias regiões do semiárido nordestino que apresentam as mesmas características e problemas enfrentados na área de atuação do Projeto Caatinga Viva.

Silvio Roberto de Lucena Tavares
Pesquisador da Embrapa Solos

Desenvolvimento Econômico-Regional e Sustentabilidade Ambiental

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

Ivan Targino Moreira

- 1.1 Antecedentes do conceito de desenvolvimento econômico**
- 1.2 Economia do subdesenvolvimento**
- 1.3 A nova teoria do crescimento econômico e as economias de aglomeração**
- 1.4 Economia regional**
- 1.5 Desenvolvimento sustentável**

RESUMO

Desde a criação da Ciência Econômica Moderna, no final do século XVIII, que os estudiosos do processo de produção, distribuição e consumo de bens e serviços vêm discutindo a importância dos governos no desenvolvimento econômico dos países, sobretudo depois da publicação da Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda, de John Maynard Keynes, em 1936. A partir da década de 70, com o flagelo da seca na África, a questão da desertificação e da degradação dos ecossistemas de todo o mundo passou a fazer parte da agenda de discussões sobre o desenvolvimento sustentável de organismos internacionais, liderados pela ONU. Essa consciência tem gerado iniciativas dos governos das nações desenvolvidas para redução do efeito estufa, descarbonização da economia, diminuição do consumo dos combustíveis fósseis e o uso mais intenso de fontes alternativas de energia, como a eólica, solar e de biomassa, fazendo da busca pela sustentabilidade econômica uma questão estratégica de estado.

1.1 Antecedentes do conceito de desenvolvimento econômico

O conceito de “Desenvolvimento Econômico” tem passado ao longo dos anos por inúmeras transformações, revisões, aprimoramentos. Ele esteve na origem da Ciência Econômica e o papel do governo como indutor desse processo sempre foi um tema recorrente nas teorias que procuraram – e ainda procuram - explicar como esse desenvolvimento ocorre.

A problemática central sobre a qual os chamados economistas clássicos, como Smith, Malthus, Ricardo e Stuart Mill se debruçavam era como melhorar as condições de vida da população através de um aumento no acúmulo de riquezas e de sua distribuição (DALLABRIDA,2010).

Para Smith (1996), a riqueza das nações era determinada pela produtividade do trabalho, que gera excedente de valor sobre seu custo de produção, e pela quantidade de trabalho empregada no processo produtivo em relação à população total. Essa produtividade do trabalho dependeria da dimensão do mercado, de tal forma que o desenvolvimento ocorreria quando a quantidade de trabalhadores produtivos fosse maior que a de trabalhadores improdutivos, com o conseqüente aumento da renda média da população. Isso só seria possível com a harmonia entre os interesses individuais, garantida apenas pelas forças do mercado, as quais o economista chamava de “mão invisível”, e pelo Estado Mínimo.

Apesar de estar mais preocupado com a dinâmica econômica do curto prazo, a contestação do ideal de Estado Mínimo por Keynes (1996) na sua *Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda*, influenciou fortemente alguns dos formuladores da Teoria Econômica do Desenvolvimento, ramo da economia surgido nos anos 40, que estuda o desenvolvimento econômico (BRESSER-PEREIRA, 2008).

Em 1949, os keynesianos Henry Roy Forbes Harrod e Evsy Domar formularam o primeiro modelo de crescimento econômico, que passou a ser conhecido como modelo Harrod-Domar. O modelo Harrod-Domar tinha como objetivo demonstrar que as economias capitalistas eram incapazes de se auto-ajustarem pelo mercado. Nesse modelo, a função de produção, extremamente simplificada, relacionava a taxa de crescimento da renda com a taxa de acumulação de capital.

Em outras palavras, através do modelo Harrod-Domar seria possível saber em quanto a produção (oferta global) aumentava quando, através do investimento, aumentava em uma unidade o estoque de capital; igualmente, no lado da demanda, procurava-se estimar o aumento da poupança a cada unidade a mais de renda.

O modelo de certa forma referendava o papel do Estado investidor-provedor para a manutenção do bem-estar econômico e social (BRESSER-PEREIRA, 2008).

O modelo Harrod-Domar recebeu críticas tanto de economistas neoclássicos, como de outros keynesianos, como Nicolás Kaldor, que deu a ele uma contribuição importante, incluindo a variável distribuição de renda. Com isso, Kaldor “recolocou a Economia Política em acordo com a tradição clássica de Ricardo e Marx, que tanta importância deram à variável distribuição de renda em seus modelos” (BRESSER-PEREIRA, 1975).

Os economistas neoclássicos defendiam que o equilíbrio automático da economia através do sistema de preços era o ponto de partida e de chegada para qualquer análise econômica, porém, não dispunham de um modelo de crescimento alternativo, até que Solow apresentasse uma outra função de produção igualmente simplificadora. Nela, o equilíbrio dinâmico da economia através do mercado era assegurada pela substituição de capital por mão-de-obra e vice-versa.

Para o pensamento neoclássico, que sacrifica a realidade empírica à coerência lógica, como se a teoria econômica fosse uma ciência metodológica semelhante à matemática, surgia um modelo que tornava a análise dinâmica do crescimento compatível com a análise estática do equilíbrio geral. Além disso, com a ênfase nas funções de produção, o desenvolvimento ou o crescimento econômico voltava a ser um problema a ser examinado unicamente pelo lado da oferta. (BRESSER-PEREIRA, 2008).

Com o surgimento dos modelos de Harrod-Domar e Solow, passou-se a distinguir a Teoria Econômica do Desenvolvimento (*Development Economics*), com bases históricas e institucionais, de uma nova “Teoria Econômica de Crescimento” (*Growth Economics*), baseada em funções de produção matematizáveis.

Além de ter contribuído para o surgimento da Teoria Econômica do Desenvolvimento (modelo de Harrod-Domar), Keynes teve uma influência indireta, porém notável, na formulação de uma nova teoria do desenvolvimento surgida também nos anos 40, época em que as regiões periféricas do ocidente passaram a assumir uma nova importância no quadro geopolítico do pós-guerra (fim dos impérios coloniais e formação de dois grandes blocos econômicos) e tomaram consciência sobre a natureza especial dos problemas das respectivas economias. A essa linha de estudo deu-se o nome de “Economia do Subdesenvolvimento” (VERSIANI, 1986).

1.2 Economia do subdesenvolvimento

No contexto anglo-saxão, o marco da economia do subdesenvolvimento foi o artigo de Rosenstein-Rodan (*Problems of industrialization of Eastern and South Eastern Europe*), publicado em 1943; na América Latina, foi o artigo de Raúl Prebisch, de 1949 (*O Desenvolvimento Econômico da América Latina e seus Principais Problemas*), que influenciou fortemente a vasta produção da Escola da Comissão Econômica para América Latina e Caribe (Cepal) nos anos seguintes (VERSIANI, 1986).

Segundo Rodriguez (1981), o ponto principal do pensamento de Prebisch era o da polarização do sistema econômico mundial entre centro (países do chamado 1º mundo) e periferia (nações com baixos estoques de capital humano, onde setores com alta produtividade coexistem com outros improdutivos). Para o economista argentino, a industrialização é a condição para o desenvolvimento econômico, uma vez que permite a transferência da força de trabalho de atividades com baixo valor agregado, como a agricultura e o extrativismo vegetal ou mineral para outras mais especializadas e com maior produtividade.

Baseada nesse pensamento, a Cepal passou a reivindicar a intervenção do Estado na economia para estabelecer um novo padrão de crescimento nos países periféricos. Esse novo padrão seria conseguido através de um esforço de industrialização para superação da pobreza, redução das desigualdades entre esses e os países desenvolvidos, além da conquista da independência política e econômica através de um crescimento autossustentado. Para alcançar o novo padrão seria necessário investir em educação, já que só com ela seria possível tornar os trabalhadores mais hábeis, capazes de produzir mais, melhor e em menos tempo (BIELSCHOWSKY, 2004 apud GUIMIERO, 2011; BRESSER-PEREIRA, 2008).

A teoria do subdesenvolvimento teve contribuições importantes não só de pensadores latino-americanos, mas também de alguns outros dos países desenvolvidos, dentre eles, o economista e político sueco Gunnar Myrdal, que se destaca dos demais por ter ido além da constatação da existência da desigualdade econômica entre os países, procurando entender as causas de sua persistência. O conceito de “causação circular cumulativa” criado pelo também sueco Knut Wicksell, na obra *Juros e Preços* (1898), influenciou fortemente Myrdal, que o ampliou e o transformou na base metodológica para analisar as mudanças sociais (GUIMIERO, 2011).

Segundo Myrdal (1965), a noção de equilíbrio é inadequada para explicar as mudanças sociais. No livro *American Dilema* (MYRDAL, 1944) o autor utiliza a causação circular cumulativa pela primeira vez para explicar que o preconceito

dos brancos contra os negros neutraliza quaisquer esforços desses últimos para melhorarem de vida; ao mesmo tempo, o baixo padrão de vida dos negros é uma das causas do preconceito dos brancos contra eles, num padrão circular do qual não se consegue sair.

Aplicando o conceito de causalidade circular às economias subdesenvolvidas, Myrdal (1965) afirma que as vantagens comparativas que essas economias têm (mão-de-obra abundante e barata, recursos naturais, terras etc) fazem com que o livre comércio seja vantajoso para as nações desenvolvidas, reforçando a submissão das primeiras em relação às segundas. Lá internamente, as forças de mercado (*laissez-faire*) fazem aumentar as desigualdades regionais. Os investimentos privados vão para locais onde há maior oferta de capital humano, mercado consumidor mais desenvolvido e maior produtividade do trabalho, em detrimento das regiões mais pobres que, exatamente por não receberem investimentos, continuam fadadas à pobreza.

Ou seja: para o economista sueco, nos países pobres, o “Estado de Bem-Estar Social” não tem o mesmo alcance do que nos países ricos, atingindo apenas parcelas da população de determinadas regiões, num círculo vicioso da pobreza e, o que é mais grave, enfraquecendo a eficácia de governos democráticos.

Para Myrdal (1965), o Estado é o agente capaz de quebrar esse círculo vicioso, fazendo com que o crescimento econômico de uma região tenha um efeito propulsor e se irradie para as regiões vizinhas. Isso só é possível através de políticas públicas para eliminar gargalos econômicos e otimizar os recursos humanos do país.

As ideias de Myrdal e dos teóricos da Economia do Subdesenvolvimento foram bem recebidas pelos partidários da política econômica nacional-desenvolvimentista e tiveram grande influência na Teoria do Subdesenvolvimento de Celso Furtado, voltada para a discussão dos problemas econômicos e sociais especificamente brasileiros. Segundo Furtado (1959), o tipo de subdesenvolvimento verificado no Brasil gera desigualdades econômicas e sociais entre as regiões, notadamente entre o Centro-Sul e o Nordeste.

À medida que esse centro maior, esse mercado mais importante no qual os outros começavam a se apoiar, se foi modificando internamente, com a industrialização, as relações de dependência se foram tornando patentes – transformaram-se progressivamente as antigas vinculações de economia de tipo primário, entre si, em relações de economia produtoras de matérias-primas com um centro industrial. (FURTADO, 1959).

1.3 A nova teoria do crescimento econômico e as economias de aglomeração

A partir da década de 80 começa a se consolidar a Nova Teoria do Crescimento Econômico, cujos principais formuladores são Paul Romer, Robert Lucas e Sérgio Rebelo. Nela, o crescimento é fruto das forças econômicas endógenas aos sistemas de mercado descentralizados. O conceito-base da teoria – o de endogenia – pressupõe que o crescimento seja impulsionado pelas mudanças tecnológicas advindas de decisões de investimentos tomadas por “agentes maximizadores dos recursos econômicos” (DALLABRIDA, 2010).

De acordo com Silva Filho e Carvalho (2001), fatores como **inovação tecnológica endógena** (fruto dos esforços dos agentes produtivos para maximizarem seus lucros), **capital humano** (o estoque de conhecimento dos agentes econômicos) e os **arranjos institucionais** (governos e sociedade civil organizada) passam a ser fundamentais para o desenvolvimento de economias subdesenvolvidas, sejam elas blocos econômicos de países, economias nacionais ou regiões dentro de um mesmo país.

À Nova Teoria do Crescimento foram relacionados os conceitos de economias de aglomeração, também chamadas de *clusters* ou Arranjos Produtivos Locais (APLs). Esses conceitos são inspirações mais promissoras na elaboração de estratégias de crescimento regional para o Nordeste brasileiro (SILVA FILHO; CARVALHO, 2001) e têm gerado, no Brasil, um número expressivo de projetos de estímulo à formação de aglomerados empresariais elaborados por órgãos e instituições financeiras de fomento ao desenvolvimento regional.

De uma forma geral, um Arranjo Produtivo Local (APL) pode ser entendido como um aglomerado significativo de empresas que atuam em torno de uma atividade produtiva principal, e de empresas complementares como fornecedoras de insumos e equipamentos, prestadoras de consultoria e serviços, comercializadoras, clientes, entre outros. Esse aglomerado se concentra em um mesmo espaço geográfico, seja ele um município, um conjunto de municípios ou uma região; as organizações que fazem parte dele possuem identidade cultural local e vínculo, ainda que incipiente, de articulação, interação, cooperação e aprendizagem entre si e com outros atores locais (instituições públicas ou privadas de treinamento, promoção e consultoria, escolas técnicas e universidades, instituições de pesquisa, desenvolvimento e engenharia, entidades de classe e instituições de apoio empresarial e de financiamento (ALBAGLI; BRITO, 2002).

A origem do conceito de APL remonta a Marshall, em cuja obra *Princípios de Economia* (1996), datada de 1890, abordou, de forma pioneira, a temática da concentração de indústrias especializadas em certas localidades, apontando a existência de alguns elementos fundamentais para o surgimento desses aglomerados por ele chamados de distritos industriais, como: disponibilidade de matéria-prima, de fontes de energias e de um sistema de transporte regular, além da demanda prévia por um determinado produto que a região tem capacidade de oferecer por apresentar exatamente todas as condições descritas acima. Esses fatores todos juntos teriam o papel de estimular a formação de um mercado de trabalho rico em oferta de trabalhadores especializados. Esse dinamismo atrairia também fornecedores de serviços e insumos para atender às necessidades das empresas.

Outro aspecto importante desse tipo de aglomeração também ressaltado por Marshall (1996) ao caracterizar os distritos industriais era a cooperação entre os agentes produtivos – tanto a cooperação vertical (entre uma empresa e seus fornecedores) quanto a horizontal (entre uma empresa e suas concorrentes). O tipo de produção baseado nesse sistema de complementaridade entre pequenas empresas, especializadas cada qual numa etapa do sistema produtivo, conseguia atingir um ponto de escala bastante satisfatório, tornando os produtos da região competitivos no mercado. Marshall acreditava que as mesmas economias geradas pelas atividades coordenadas verticalmente nas grandes empresas poderiam ser incorporadas pelas pequenas empresas aglomeradas. A essas economias geradas a partir da cooperação ele chamou de “economias externas” (BELUSSI, 2004 *apud* FERNANDES, 2008).

Para o economista Paul Krugman, ganhador do prêmio Nobel de Economia em 2008 por suas contribuições à Nova Geografia Econômica, a apropriação dessas economias externas seria fruto das forças centrípeta e centrífuga que atuam sobre a economia, guiadas pela “mão invisível” do mercado. Segundo Garcia (2001), ora essa mão agiria atraindo as empresas através dos retornos crescentes de escala da produção, permitindo a elas a apropriação de economias externas (força centrípeta), ora ela frearia os retornos crescentes por causa dos entraves encontrados pelas empresas para operarem, como alto preço dos aluguéis, mobilidade urbana deficiente, aumento dos valores fixos de produção etc (força centrífuga).

Se essas forças desestimuladoras ultrapassassem as forças atrativas, o processo de expulsão das atividades econômicas e dos empreendimentos industriais tornar-se-ia inevitável. Logo, haveria um limite superior para as externalidades positivas, já que se reconhece a existência das forças que desestimulam a concentração (GARCIA, 2002).

As colocar na mão invisível do mercado o destino dos *clusters* de empresas, Krugman assume que quaisquer interferências para estimular a economia local, como ações conjuntas de iniciativas públicas e privadas, são totalmente inócuas. Ou seja: ele não reconhece a importância das instituições formais e informais para o desenvolvimento dos sistemas produtivos locais, no que é criticado por muitos outros autores que se debruçam sobre o tema (SANTOS, 2005).

Um desses autores é o também americano Michel Porter (1998, apud FERNANDES, 2008), que adota a abordagem da Economia de Empresas para analisar as vantagens competitivas dos APLs. Em relação aos *clusters* de pequenas e médias empresas, o autor considera três fatores como fundamentais para o seu desenvolvimento: i) o grau de competitividade entre as empresas; ii) o clima local favorável ao surgimento de novas empresas; iii) a eficácia dos mecanismos formais e informais para associação das agentes empresariais.

Porter defendia que caberia ao setor privado a liderança tanto na formação quanto na estruturação e condução do *cluster*, cabendo ao poder público formular políticas públicas para tornar o ambiente local cada vez mais propício ao desenvolvimento das atividades dos empreendimentos lá localizados (SANTOS, 2005; IGLIORI, 2001)

Assim, para Porter, os *clusters* apresentariam inúmeras vantagens, como: redução dos custos de transação através do maior acesso a insumos e pessoal especializado; estímulo ao uso das complementaridades entre as empresas; facilitação do acesso a instituições e bens públicos; aumento da motivação entre os agentes, tornando mais fácil a comparação dos resultados de desempenhos entre eles (FERNANDES, 2008).

As mudanças tecnológicas advindas das inovações são resultados de um processo de aprendizagem interativo, envolvendo diversos agentes. É assim que o conhecimento se dissemina e altera constantemente a dinâmica das relações nas organizações.

Para teóricos como Cook e Morgan (1998) apud Fernandes (2008), a inovação é uma das razões do sucesso das aglomerações. Nesse sistema produtivo há a redução do elemento “incerteza dinâmica”, o que permite um melhor entendimento das decisões internas de uma firma ou daquelas tomadas pelo conjunto de firmas. Restava explicar, contudo, porque as economias de aglomeração (*clusters* e arranjos produtivos locais) se concentravam (e ainda se concentram) nas regiões mais desenvolvidas de um país, em detrimento de outras denominadas como “periféricas”.

1.4 Economia regional

O crescimento explosivo das cidades, fruto do êxodo rural, e os desequilíbrios regionais resultantes desse movimento intensificaram os estudos econômicos do meio urbano, até então monopolizado pela Sociologia. Era preciso explicar como se criava a defasagem entre as regiões ricas e pobres numa mesma nação e encontrar estratégias para reduzi-la. Foi essa inquietação que fez crescer o interesse pela Economia Regional na segunda metade do século XX.

Segundo Souza (1981), o fator espaço passou a ser levado em conta nos novos modelos econômicos com a constatação de que das economias externas nas regiões mais ricas drenam fatores de produção das regiões mais pobres. Esta seria uma das explicações para o fato de tanto a industrialização quanto a urbanização das regiões ocorrerem de maneira desigual dentro de um mesmo país, fazendo com que as economias de aglomeração surjam mais no centro do que nas periferias.

Para os defensores dessa abordagem, notadamente Perlof (1960), Richardson (1975) e Meyer (1973), o papel do Estado seria o de fomentar e apoiar os sistemas produtivos das regiões mais vulneráveis economicamente, garantindo-lhes acesso a tecnologias e outros bens públicos, estimulando a investigação tecnológica e a capacitação dos trabalhadores, incentivando a cooperação inter e intraempresas e a formação de foros de decisão estratégica conjunta.

Tais políticas deveriam atingir todas as empresas que compõem o arranjo para aproveitar as externalidades por meio de ações coletivas. Do ponto de vista prático, isso significa admitir a existência de outras externalidades não acidentais que podem influenciar nos resultados alcançados pelas empresas que fazem parte do arranjo produtivo local. Outro papel importante das políticas públicas seria o de combater os efeitos do trancamento sobre o sistema produtivo local, provocados por uma trajetória circular de desenvolvimento, deixando os aglomerados dependentes do próprio passado (SCOTT, 1998 *apud* SANTOS, 2005).

Assim, a proposta de abordagem dos estudiosos da Economia Regional defende que a geografia econômica e o desempenho industrial são fatores interligados. Há uma tendência de o capitalismo estabelecer densos *clusters* localizados como economias regionais intensivas em transações, enlaçadas por estruturas de interdependência irradiadas por todo o globo (SCOTT, 1998 *apud* SANTOS, 2005).

Mas o que pode se configurar num fator positivo para as economias locais também encerra alguns perigos, como alerta Vasconcelos (2005). Segundo ele, os *clusters* ou APLs estão longe de refletir o melhor dos mundos. O que normalmente é visto como remédio pode

se transformar no veneno que acaba com a inovação, reduzindo as economias externas provenientes do ambiente profícuo da colaboração vertical e horizontal.

O desenvolvimento de um pensamento grupal nas empresas pertencentes a tais tipos de aglomeração pode implicar o reforço de comportamentos antigos, enquanto novas ideias são suprimidas e cria-se rigidez que impede a adoção de melhorias. Devido a essa rigidez, essas aglomerações podem não suportar o advento das inovações radicais e, conseqüentemente, entrar em decadência. (VASCONCELOS, 2005).

Outro aspecto a se considerar quando há inúmeras empresas pertencentes a um mesmo arranjo produtivo e com pouca disparidade de poder entre elas é que o desenvolvimento de um *cluster* ou APL pode significar o “distanciamento” daquilo a que ele se propôs, que é fomentar um ambiente de intensa cooperação. Não que ele não possa existir, mas há que se considerar o perigo latente da exarcebação da competição entre as firmas, através da guerra pela diferenciação no mercado. “A confiança se restringe, as relações se formalizam e os benefícios dela oriundos se dissipam” (VASCONCELOS, 2005).

Por fim, uma discussão relevante também a respeito da formação de APLs é até que ponto ela deva ser estimulada – ou seja: se é conveniente que forças outras atuem sobre a formação de uma aglomeração que não aquelas surgidas espontaneamente.

Já vimos que, de todas as abordagens, a defendida pelos autores da Nova Geografia Econômica é a única que não reconhece o efeito de ações para fortalecerem um APL que não seja a “mão invisível” do mercado atuando sobre as empresas aglomeradas e definindo suas estratégias. Para esses autores, o papel intervencionista de entidades alheias ao *cluster* (governos e entidades privadas) é totalmente inócuo. Logo, é de se supor que igualmente inócua seria qualquer tentativa de criar um APL a partir da análise que alguma ação deve ser executada para fortalecer economicamente determinada comunidade/região.

Mas para a grande maioria dos estudiosos do assunto, o desenvolvimento sustentável é fruto da sinergia entre vários atores sociais, como instituições financeiras de fomento, de apoio tecnológico, de capacitação profissional, organizações da sociedade civil organizada, entre outros.

Markusen (1994) é um dos que defendem que o governo deva ter um papel fundamental no fomento a políticas desenvolvimentistas, provendo, entre outras coisas, a educação básica e a infraestrutura necessária para o florescimento dos negócios. Outra função importante é a de ser o ponto de equilíbrio e o ator

regulador do sistema, para direcionar o arranjo produtivo rumo à sustentabilidade econômico-financeira e ambiental.

Segundo Furtado (2004), crescimento não resulta em desenvolvimento sem um “projeto social subjacente” que o norteie.

Dispor de recursos para investir está longe de ser condição suficiente para preparar um melhor futuro para a massa da população. Mas quando o projeto social prioriza a efetiva melhoria das condições de vida dessa população, o crescimento se metamorfoseia em desenvolvimento (FURTADO, 2004).

1.5 Desenvolvimento sustentável

Segundo Nobre e Amazonas (2002), a força do termo “sustentabilidade” está justamente no fato de ser um conceito amplo, um vasto campo onde acontece a luta política sobre a importância que o meio ambiente deveria ter atualmente. De uma forma geral, a expressão passou a designar a necessidade de um uso mais racional e socialmente responsável dos recursos naturais.

Historicamente falando, a preocupação com a sustentabilidade do desenvolvimento das nações é bastante recente no mundo. A questão da desertificação, por exemplo, só foi levada a sério como uma questão a ser mundialmente estudada e combatida depois da grande seca que assolou o Sahel, na África, de 1968 a 1974, provocando a morte de 200.000 pessoas e milhões de animais (BRASIL, 2005).

Para discutir essa questão, a ONU convocou a Conferência de Estocolmo, em 1972, a partir da qual foi criada uma agenda para sistematizar o enfrentamento desse problema. O evento seguinte foi a Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, realizado em 1977, na capital do Quênia, Nairobi. Esta conferência consolidou o tema em nível mundial, incluindo nas discussões seguintes aspectos relacionados com o binômio pobreza/ meio ambiente (BRASIL, 2005).

Cinco anos mais tarde, a Assembleia Geral das Nações Unidas criaria a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento com o objetivo de formular uma “agenda global de mudança”, nas palavras da sua presidente, a primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. Em seus três anos de atividades, a Comissão se debruçou sobre pesquisas e análises elaboradas pelos maiores especialistas do mundo no binômio desenvolvimento X sustentabilidade. O resultado dos estudos desenvolvidos foi compilado naquele que é considerado, pela *Oxford University*, como o “mais importante documento deste gênero desde o Relatório Willy Brandt” – o relatório intitulado *Nosso Futuro Comum* (NAÇÕES UNIDAS, 1988).

A ideia central do documento é de que o desenvolvimento econômico ideal implica a conservação dos meios naturais, para que a humanidade não coloque em risco a própria sobrevivência. Uma das propostas mais enfaticamente defendidas no relatório é o enfrentamento da questão da desertificação do planeta que, a cada ano, transformava seis milhões de hectares de terras úteis agricultáveis em “desertos inúteis”. Em relação às florestas, a destruição atingiria a marca de 11 milhões de ha/ano (NAÇÕES UNIDAS, 1988).

A destruição dos recursos naturais tem gerado insegurança alimentar e decretado o fim de algumas das maiores civilizações da História do Mundo. O colapso da agricultura com a salinização dos solos irrigados provocou a decadência da civilização suméria, desenvolvida na Mesopotâmia, entre os rios Tigre e Eufrates; também no vale do Indus, a salinização e a erosão provocadas pela devastação florestal por causa da retirada de lenha para cozimento de tijolos corroeram a base agrícola e precipitaram a decadência dos povos da região; outras sociedades que tiveram o seu declínio ligado a processos erosivos causados pela devastação florestal foram a grega, a romana e a maia (VEIGA, 2008).

Jane Jacobs (2001) faz uma analogia interessante do uso múltiplo que um ecossistema consegue fazer da energia recebida antes de descarregá-la para o exterior, ao afirmar que qualquer comunidade só cresce produzindo coisas para outras comunidades – sejam elas municípios, estados, países etc. Os produtos finais exportados são como descargas de energia econômica que irão se transformar em importações para consumidores de outros lugares. Mas a transformação da energia-matéria pressupõe um suprimento original da mesma. É com a finitude desse suprimento que o homem hoje se depara.

Segundo Jacobs (2001), toda comunidade precisa de pelo menos algum recurso utilizável da natureza. Tais recursos podem ser de vários tipos, como solo fértil, minérios, uma queda d’água, um tipo de combustível fóssil ou até mesmo uma boa localização para facilitar o encontro das pessoas com objetivo de troca de bens e serviços.

Ao transformar os recursos importados da natureza isolando-os, recombinando-os e reciclando-os, o trabalho humano faz surgir o recurso inicial da economia de qualquer comunidade. Esse processo de transformação envolve habilitação, informação e experiência – potencialidades humanas cultivadas e resultantes de investimentos públicos, privados e pessoais (JACOBS, 2001).

Ao seguir na analogia com o fluxo da energia exportada, Jacobs (2001) afirma que ela pode ter consequências distintas dependendo da comunidade que a importou: quando é recebida por comunidades eficazes em consumir suas importações, fazendo

delas insumos para as suas próprias exportações ou simplesmente para seu deleite, essa energia carrega consigo a capacidade de atuar como multiplicadora econômica. Quanto mais livres forem os moradores de uma comunidade para manifestarem as suas potencialidades, mais fértil será o terreno para as importações que elas fizerem de outros centros.

É essa liberdade para desenvolver suas habilidades e ideias que possibilita o surgimento daquilo que Schumpeter (1997) acreditava ser o diferencial para o desenvolvimento de qualquer atividade empreendedora: a inovação tecnológica e/ou organizacional. Liberdade, nesse contexto, significa a eliminação de tudo o que limita as escolhas e as oportunidades das pessoas. Como entraves à liberdade das pessoas estariam a pobreza, a destituição social sistemática, má qualidade dos serviços públicos (em especial da educação e saúde), além, é claro, da repressão estatal (SEN, 2001 apud VEIGA, 2008).

Ao analisar o fluxo circular de produção, Schumpeter (1997) percebeu que, ao introduzir um bem que não existe ou modos novos e/ou mais baratos de produzir um bem que já existe, o empresário gera um excedente (lucro empresarial), uma vez que os preços de mercado foram formados sobre bases diferentes. Esse excedente é temporário e existirá até que a concorrência consiga incorporar a inovação em seu processo de produção do bem, reorganizando o mercado, baixando também seus custos e os preços ao consumidor. Como a inovação deixa de ser novidade, o empresário que a havia introduzido deixa de lucrar com ela, pois se situará no mesmo nível que os demais. Essa situação persistirá até que outra inovação modifique o processo e gere excedente para quem a introduziu.

Assim, esse novo processo permite que o capitalista inovador seja mais competitivo que seus adversários no mercado, destacando-se deles e gerando um novo padrão de eficiência que, com certeza, será perseguido e ultrapassado por alguém ou por ele mesmo. Ou seja, a inovação é o motor propulsor do desenvolvimento e os empreendedores, com sua atividade inovadora, constituem aquilo que Schumpeter (1997) chamava de “a fonte de lucro do sistema capitalista”.

Furtado (1954) chama a atenção para o fato de que nas economias subdesenvolvidas as atividades econômicas (produção e exportação de produtos primários) que predominam não demandam a mesma intensidade de inovação, o que as obriga a adotar inovações realizadas nos países desenvolvidos e a ficarem sempre à reboque do avanço tecnológico.

O crescimento de uma economia desenvolvida é, portanto, principalmente um problema de acumulação de novos conhecimentos científicos e de progressos na aplicação desses conhecimentos. O crescimento das economias subdesenvolvidas é, sobretudo, um processo de assimilação da técnica prevalecente na época (FURTADO, 1954).

Como enfatiza Veiga (2008), o desenvolvimento econômico é uma versão do desenvolvimento natural; é um processo que produz coisas. Se esse processo está falhando numa determinada comunidade, tudo aquilo que as pessoas dessa comunidade consome são apenas produtos de processos inovadores que ocorrem em outro lugar. O dinheiro circula, mas não transforma a realidade para melhor.

Esta hipótese explicaria porque países predominantemente rurais normalmente são pobres, mesmo com grandes volumes de importação e exportação. Já as economias mais ricas têm como marca registrada a diversificação, que Jacobs (2001) considera como sendo a correlação prática entre desenvolvimento e expansão econômica.

O dinheiro que circula sem transformar a realidade para melhor é insustentável econômica e ambientalmente ainda que a longo prazo, porque gera renda sem inovação; estimula o inchaço das cidades; esgota os recursos naturais, base da vida dos moradores do local, pois, “a humanidade interage com o meio no empenho de efetivar suas potencialidades” (VEIGA, 2008).

Da Conferência de Estocolmo, em 1972, para a Cúpula Mundial da Terra, em 1992 (Rio 92), não houve alteração na abordagem do tema “desenvolvimento sustentável”. Nas suas dimensões ecológicas e ambientais, os objetivos da sustentabilidade continuam formando o tripé que reúne (1) a preservação do potencial da natureza para a produção de recursos renováveis; (2) a limitação do uso de recursos não renováveis e (3) o respeito e realce para a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais (VEIGA, 2008).

Ainda que nem sempre estejam embasadas em dados científicos confiáveis, as discussões sobre a preservação ambiental estão na ordem do dia e pelo menos fazem parte hoje da agenda de instituições públicas e privadas de pesquisa, dos governos e da iniciativa privada. Essa consciência tem gerado iniciativas para redução do efeito estufa, descarbonização da economia, diminuição do consumo dos combustíveis fósseis e o uso mais intenso de fontes alternativas de energia, como a eólica, solar e de biomassa. Um bom exemplo de política pública pró-sustentabilidade veio da Suécia, que decretou o fim do uso do petróleo para o ano de 2020 e vem investindo maciçamente em sistemas alternativos e renováveis de geração de energia elétrica e térmica (PERSSON, 2006).

O papel do espírito inovador a que Schumpeter (1997) creditou o aprimoramento do sistema capitalista continua também sendo fundamental para que se descubram cada vez mais formas de produzir mais com menos, ou seja, com eficiência, dada a limitação dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAGLI, S.; BRITO, J. **Arranjos produtivos locais**: uma nova estratégia de ação para o Sebrae. [Rio de Janeiro]: RedeSist, 2002. Disponível em: <www.ie.ufrj.br/redesist>. Acesso em 10 ago.2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da desertificação no Rio Grande do Norte**. Natal: Secretaria de Estado de Recursos Hídricos, 2005.

BRESSER-PEREIRA, L. C. **Desenvolvimento, crescimento e salário**. Rio de Janeiro: FGV, 2008. (Textos para Discussão da Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, 169). Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/1896/TD169.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

BRESSER-PEREIRA, L. C. O modelo Harrod-Domar e a substitutibilidade de fatores. **Revista Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 5, n. 3, 1975. Disponível em: <<http://bresserpereira.org.br/papers/1975/75.ModeloHarrodDomar.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

DALLABRIDA, V. R. **Desenvolvimento regional**: por que algumas regiões se desenvolvem e outras não. Santa Cruz do Sul, RS: Editora da UNISC, 2010.

FERNANDES J. L. R. de. **As interfaces entre o plano diretor (PD) municipal e o planejamento de arranjo produtivo local (APL)**: o caso de Tambaú, no Estado de São Paulo (2003–2008). 2008. 232 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

FURTADO, C. **A economia brasileira**. Rio de Janeiro: A Noite, 1954.

FURTADO, C. **A operação nordeste**. Rio de Janeiro: Instituto Superior de Estudos Brasileiros, 1959.

FURTADO, C. **O mito do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

FURTADO, C. Os desafios da nova geração. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 24, n. 4, 2004. Disponível em< <http://www.rep.org.br/pdf/96-1.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2012.

MYRDAL, K. G. **Teoria econômica e regiões subdesenvolvidas**. Rio de Janeiro: Editora Saga, 1965.

GARCIA, R. **Vantagens competitivas de empresas em aglomerações industriais**: um estudo aplicado à indústria brasileira de calçados e sua inserção nas cadeias produtivas globais. 2001. 189 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GUIMIERO, R. G. **Diálogo das teses do subdesenvolvimento de Rostow, Nurkse e Myrdal com a teoria do desenvolvimento de Celso Furtado**. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

IGLIORI, D. C. **Economia dos clusters industriais e desenvolvimento**. São Paulo: Iglu Editora, 2001. 152 p.

JACOBS, J. **A natureza das economias**. São Paulo: Editora Beca, 2001.

KEYNES, J. M. **A teoria geral do emprego, do juro e da moeda**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1996. Coleção os Economistas.

MARKUSEN, A. Áreas de atração de investimentos em um espaço econômico cambiante: uma tipologia de distritos industriais. **Revista Nova Economia**. Belo Horizonte, v. 5, n. 2, 1995. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/a/nov/artigo/v5y1995i2p9-44.html>>. Acesso em: 03 out. 2010.

MARSHALL, A. **Princípios de economia**. São Paulo: Nova Cultural, 1996. Coleção os Economistas.

MEYER, J. R. Economia regional: um levantamento. In: **Panorama da moderna teoria econômica**, São Paulo: Atlas, 1973. 2. v.

MYRDAL, K. G. **An american dilemma: the negro problem and modern democracy**

New York: Harper & Brothers, 1944.

NAÇÕES UNIDAS. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1988.

NOBRE, M.; AMAZONAS, M. (Org.). **Desenvolvimento sustentável: a Institucionalização de um conceito**. Brasília: IBAMA, 2002.

PERLOFF, H. et al. **Regions, resources, and economic growth**. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1960.

PERSSON, G. Speech at World Bioenergy 2006. In: WORLD CONFERENCE ON PELLETS, 2., 2006, Jonkoping. **Proceedings...** Jonkoping: SVEBIO, 2006.

RICHARDSON, H. W. **Economia regional, teoria da localização, estrutura urbana e crescimento regional**. Rio de Janeiro: Atlas, 1975.

RODRIGUEZ, O. **A teoria do Subdesenvolvimento da CEPAL**. Rio de Janeiro: Ed. Forense Universitária, 1981.

SANTOS L. D. **Concorrência e cooperação em Arranjos Produtivos Locais: o caso do polo de Informática de Ilhéu. BA**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador. Disponível em: <www.bibliotecadigital.ufba.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=260>. Acesso em: 10 out. 2010.

SCHUMPETER, J. A. **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1997. Coleção os Economistas.

SILVA FILHO G. E; CARVALHO E. B. S. A teoria do crescimento endógeno e o desenvolvimento endógeno regional: investigação das convergências em um cenário cepalino. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. Especial, p. 467–482, 2001.

SOUZA N. J. de. Economia regional: conceito e fundamentos teóricos. **Revista Perspectiva Econômica**, v. 16, n. 32, p. 67–102, 1981.

VASCONCELOS, F. C. de et al. Arranjos Produtivos. **GV Executivo**. Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, 2005.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável**: o desafio do século XXI. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

VERSIANI F. R. A teoria geral e a economia do subdesenvolvimento. **Revista Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, 1986. Disponível em: < <http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/issue/view/108>>. Acesso em: 23 jan. 2013.

A Inovação na Agropecuária

Maria Regina Capdeville Laforet

Luciene Ferreira Gaspar Amaral

Vinicius de Melo Benites

José Carlos Polidoro

2.1 A transferência de tecnologia como um meio de inovação

2.2 A dinâmica da inovação

2.3 Os sistemas de inovação

2.4 Pesquisa agropecuária e inovação

RESUMO A análise dos processos de inovação tem destacado, entre suas dinâmicas, a colaboração mantida por atores privados e públicos, com os objetivos de maximizar seus resultados, acessar novos conhecimentos, reduzir o tempo e o custo do desenvolvimento tecnológico e da introdução da inovação no mercado. Neste capítulo, pretende-se relacionar os conceitos de inovação na agropecuária a um novo caso de transferência de tecnologia voltada para o campo: a implantação de fábricas de briquetes. A dita tecnologia representa uma alternativa de eficiência energética para a indústria ceramista do Rio Grande do Norte, além de apresentar o potencial de integrar sistemas de produção de alimentos, energia e extrativismo sustentável no estado. O presente artigo teve origem na dissertação defendida por Laforet (2013), no âmbito do Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Inovação do Instituto Nacional da Propriedade Industrial, em julho de 2013, intitulada *A transferência de tecnologia de processos de produção de fertilizantes organominerais: pesquisa-ação sobre uma parceria público-privada*.

2.1 A transferência de tecnologia como um meio de inovação

Estudos empíricos, conforme observado por Heisey et al. (2006), têm abordado o conceito de transferência de tecnologia relacionado à conversão de ativos intelectuais em bens e serviços funcionais para usuários finais. Essas abordagens têm origem na percepção de que, na atual fase do desenvolvimento econômico mundial (economia do conhecimento), os ativos intelectuais se tornaram elementos-chave para se compreender o bom desempenho e o crescimento de organizações, empresas, comunidades e economias.

De acordo com esse princípio, Rubenstein (2003) chamou atenção para a ampliação do termo transferência tecnológica que, segundo a autora, passou englobar um relacionamento ativo entre os agentes integrados ao desenvolvimento tecnológico capaz de proporcionar uma circulação mais expressiva de conhecimentos e *Know-how*.

Partindo dessas ideias, no relacionamento que se estabelece entre os agentes do setor público e do setor privado, a transferência de tecnologia desempenha um importante papel na divisão de tarefas que se processam entre eles na transformação de ativos intelectuais em inovação de mercado.

Conhecimentos e tecnologias produzidos por instituições de ensino ou de pesquisa governamentais (a exemplo da Embrapa) se caracterizam como bens públicos. Desse modo, devem ser distribuídos de forma ampla por meio, por exemplo, de publicações científicas e técnicas. Tais ativos tendem também, ainda segundo Rubenstein (2003), a apresentar benefícios mais amplos, tais como: efeitos positivos sobre o controle da poluição; uso sustentável de recursos naturais ou reutilização de resíduos, fato observado tanto para os fertilizantes organominerais quanto para os briquetes de eficiência energética.

Por outro lado, a pesquisa pública corresponde a uma forma de política pública quando gera tecnologias em áreas estratégicas, que apresentam necessidade de elevados investimentos com os quais o setor privado não se dispõe a arcar, justificando-se assim uma ação empreendedora do estado. Exemplos dessas ações são, como salientado por Jaffe e Lerner (2001), os programas espaciais, os programas de defesa e os programas de segurança energética.

Esses autores acrescentam que a pesquisa pública produz, na maioria dos casos, tecnologias em fase pré-comercial ou pré-competitiva, que só se tornam comercialmente viáveis e objeto de investimentos privados quando adequadas às necessidades de mercado ou suficientemente competitivas para criar um novo mercado.

Nesse caso, na passagem da escala de laboratório para a escala comercial, uma nova divisão de trabalho se opera com o envolvimento do segmento privado. A parceria público-privada, com propósito de promover desenvolvimento tecnológico e competitividade produtiva, tem sido estimulada em vários países justamente com a finalidade de transformar conhecimento em produtos inovadores para os mercados e para a sociedade (LES NOUVELLES, 2010).

Dessa forma, há que se traçar o perfil da contribuição da pesquisa pública agropecuária para a inovação no contexto atual.

2.2 A dinâmica da inovação

Como observado por Pelaez e Szmrecsányi (2006), o aumento da produção deixou de representar o principal problema das economias contemporâneas devido à oferta potencial de bens ter crescido com maior velocidade do que a capacidade de absorção dessa oferta pelo mercado. Nesse contexto, o maior desafio que as empresas, as organizações e os governos passam a enfrentar se converteu no aumento da concorrência nos mercados.

Mesmo nas economias em desenvolvimento – como no caso do Brasil – na qual demandas básicas não atendidas, consumo reprimido, aumento de renda da população e expansão do mercado interno projetam ainda expectativas de crescimento econômico, como a concorrência entre os agentes econômicos se intensifica, provocando disputas por mercados.

Em razão disso, Tidd, Bessant e Pavitt (2008) assinalaram que a inovação se tornou um elemento-chave tanto para o alcance de vantagens tradicionais, relativas à produtividade e preços, quanto para diferenciação e agregação de valor em produtos e serviços para atendimento às tendências de mercado.

Analisando o desempenho da economia brasileira das décadas de 1980 e 1990, marcado pelo endividamento externo e pela vulnerabilidade dos setores de maior intensidade tecnológica, Bresser-Pereira (2006) considerou que o maior desafio das sociedades contemporâneas estava na implementação do crescimento econômico sustentado. O alcance desse crescimento dependia, contudo, da formulação de uma estratégia nacional de desenvolvimento, em proveito da inovação.

Quando uma economia está em pleno processo de crescimento, é sinal de que provavelmente existe uma estratégia nacional de desenvolvimento por trás, é sinal de que seu governo, seus empresários, técnicos e trabalhadores estão trabalhando de forma consertada na competição econômica com as

demais nações. Quando uma economia começa a crescer muito lentamente, senão a estagnar, é sinal de que sua solidariedade interna está em crise, que a nação perdeu coesão e se esgarçou, e, portanto, que já não conta com os elementos necessários para que se mantenha competitiva. (BRESSER-PEREIRA, 2006, p.16).

Referindo-se às mudanças necessárias ao crescimento econômico dos países em desenvolvimento, Nelson (2007) também salientou a importância de uma estratégia integrando a evolução técnica e organizacional aos marcos legais, regulatórios, políticas e programas de governo direcionados para a inovação.

De acordo com Nelson (2007), o maior desafio dos países em desenvolvimento residia na diminuição das distâncias tecnológicas mantidas em relação às economias avançadas. Contudo, esse emparelhamento (*catching up*) impunha a quebra do fluxo circular da atividade habitual de empresas e de setores por meio da intensificação da capacidade de aplicar ciência, tecnologia e inovação a novos produtos e processos.²

As inovações em diferentes dimensões – tecnologias, bens de consumo, formas de distribuição, processos organizacionais – foram apontadas por Tidd, Bessant e Pavitt (2008) como essenciais à manutenção da competitividade e da capacidade de investimento dos agentes, de empresas e das economias.

A inovação corresponde, portanto, a um fenômeno relacionado à mudança em distintas dimensões: na criação e distribuição de produtos e serviços, na introdução ou reposicionamento desses no mercado, nos padrões que orientam uma organização ou empresa na gestão de seus ativos e na criação e compartilhamento de produtos e serviços (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008).

A variação de intensidade das inovações será alterada de acordo com o tipo de melhoria incremental ou mudança radical introduzida. Conforme Freeman e Soete (2008), o desenvolvimento incremental tem sido relacionado a ganhos de eficiência de longo prazo, quando comparados com as mudanças radicais, na medida em que se parte do que já é conhecido, evitando-se custos e incertezas próprias da incorporação de novos conhecimentos.

² "Como dito anteriormente, isso pode apresentar um problema para os países em desenvolvimento, já que eles não podem aprender a dominar essas tecnologias a menos que tenham uma força de trabalho altamente treinada, incluindo um grupo sofisticado de cientistas e engenheiros; mas também apresenta uma oportunidade, na medida em que um maior compartilhamento do conhecimento necessário é aberto a todos aqueles que tenham capacidade para disso se aproveitar. Em muitas das áreas pertinentes, uma parte importante da atividade de estar em dia com a evolução de uma tecnologia requer um programa de pesquisa ativo. Universidades e laboratórios públicos são lugares apropriados para esse tipo de pesquisa, caso essas instituições também possam oferecer formação e experiência para cientistas e engenheiros que irão trabalhar nas indústrias. (...) Não tenho dúvidas de que para os países que buscam o *catching-up*, desenvolver as capacidades de aprendizagem e inovação nas empresas é o coração do desafio. No entanto, um forte sistema de universidades e laboratórios de pesquisa públicos podem desempenhar um papel muito importante de apoio" (NELSON, 2007, p. 22).

Entretanto, de acordo com os referidos autores, depois de um período de relativa estabilidade, as mudanças nas trajetórias tecnológicas e organizacionais se tornam inevitáveis. Concorrência de mercado, o surgimento de novas tendências de consumo, novos quadros regulatório, políticos ou sociotécnicos poderão ocasionar a quebra de paradigmas técnicos, científicos e organizacionais.

Desse modo, tem início um período caracterizado por forte incerteza e intensificação de experimentação e aprendizado, com a participação de grande número de atores. No decorrer desses processos, inicia-se uma estabilização em torno de uma nova configuração sociotécnica que passa a aglutinar todos os esforços e recursos empregados.

Segue-se uma fase de aperfeiçoamento do novo padrão que surgiu como dominante. Nesse período, são característicos os níveis acelerados de adaptações, imitações e aperfeiçoamentos objetivando o aumento da qualidade, da produtividade e da diferenciação de produtos e serviços (FREEMAN; SOETE, 2008).

Quando não há mais espaço para inovações incrementais, segundo Perez (2010), surgem novas possibilidades sociotécnicas. Reinicia-se um novo ciclo de experimentação intensa e a coexistência da disputa entre velhas e novas formas por aperfeiçoamentos, até que o processo se estabilize novamente em torno de um modelo dominante.

No que se relaciona aos fatores condicionantes do processo de inovação, Dosi (1982) salientou que a mudança técnica foi considerada há tempos pela literatura econômica como um fator precursor de desenvolvimento. No entanto, a origem dessa mudança permaneceu como uma questão controversa, sobretudo em virtude da disputa de duas principais noções explicativas para o avanço técnico. Por um lado, as demandas do mercado eram apontadas como motores do progresso técnico; por outro lado, o estado da técnica foi considerado o principal condicionante da evolução tecnológica (DOSI, 1982).

Todavia, de acordo com Dosi (1982), ambas as explicações apresentavam lacunas na abordagem do fenômeno. A indução pelo mercado subestimava o domínio técnico, considerando-o como uma “caixa preta” contendo opções ilimitadas para atender as demandas. A indução puramente técnica não levava em consideração a importância dos fatores econômicos e institucionais direcionando a mudança técnica.

Seguindo essa perspectiva, Freeman e Soete (2008) mostraram que os modelos econômicos neoclássicos tradicionais compararam o movimento de disseminação técnica ao ciclo de vida dos produtos e ao padrão S de crescimento industrial – lento

no início, com rápido crescimento em direção à maturidade e lento declínio. Porém, para os autores, esses modelos se mostravam incapazes de explicar as bruscas descontinuidades tecnológicas e a articulação das mudanças técnicas aos demais fatores de ordem organizacional, científica, política, institucional ou econômica.

Objetivando demonstrar que a mudança técnica não se tratava de um fenômeno aleatório nem desconectado de condicionantes econômicas, institucionais e políticas, Dosi (1982) utilizou os conceitos de trajetórias e paradigmas tecnológicos para explicar o processo de inovação. A noção de paradigma envolve padrões de rupturas e de regularidades tanto em relação ao conjunto de trajetórias tecnológicas quanto aos fatores que estão conectados à mudança técnica. Desse modo, um paradigma reúne um conjunto amplo de conhecimentos codificados e tácitos, de dispositivos e artefatos físicos, equipamentos, *know-how*, métodos, projetos dominantes, experiências de sucesso e de fracasso e o conhecimento incorporado em indivíduos, organizações e instituições (DOSI; GRAZZI, 2010).

Esses autores mostraram também que a noção de trajetória é reveladora das mudanças que ocorrem no interior de cada paradigma. Essas mudanças sofrem a influência das demandas de mercado, que incentivam ou limitam o desenvolvimento tecnológico. Uma trajetória é influenciada também por políticas públicas para aumentar capacidade de C&T em temas estratégicos como defesa, segurança energética, alimentar entre outros.

Entretanto, embora o direcionamento do mercado, das políticas públicas e dos demais fatores socioeconômicos exerçam influência sobre a mudança técnica, a incerteza quanto à P&D persiste em função da rota tecnológica, que pode apresentar desde incrementos até inovações paradigmáticas. Desse modo, embora exista a influência de fatores externos, o surgimento de inovações, segundo Dosi (1982), ocorre em condições de relativa autonomia dos mecanismos de ajustamento e de indução do mercado, especialmente no caso de inovações radicais:

Deve-se notar que, mesmo quando as rotas tecnológicas estão bem estabelecidas, os fatores políticos, econômicos e institucionais mencionados podem contribuir para moldar e determinar a taxa de ocorrência de avanço técnico. No entanto, mesmo nesse estágio, quando os avanços técnicos são de várias maneiras endógenos à dinâmica econômica, tanto a incerteza relacionada a P&D quando a existência de aspectos não comerciais da mudança técnica não desaparece. (DOSI, 1982, p.155)

A esse respeito, Perez (2010) ressaltou que a mudança técnica não é aleatória e encontra-se conectada a paradigmas tecnoeconômicos. Embora a inovação tenha

ocorrência frequente no mercado, trata-se de um evento descontínuo ainda que interconectado a uma determinada trajetória tecnológica. O autor também afirmou que, quando produtos, mercados e trajetórias técnicas são explorados ao máximo, abre-se oportunidade para uma revolução tecnológica que pode estender seus impactos em diferentes áreas e setores específicos, determinando aumento de produtividade, renovação de ramos industriais maduros e criação de novos. Ainda segundo Perez (2010), quanto mais essas mudanças repercutirem e projetarem efeitos econômicos e sociais, melhores serão as chances da ocorrência de uma grande onda de desenvolvimento.

Nesse sentido, Tidd, Bessant e Pavitt (2008) indicaram que o maior desafio relacionado aos processos de inovação diz respeito à sua gestão, tanto em condições estáveis quanto em períodos de rápidas mudanças. Nessas fases, a flexibilidade e a habilidade em aprender podem ser fundamentais para sobrevivência de uma organização. Portanto, de acordo com os autores, a prospecção das oportunidades emergentes no mercado e a mobilização dos meios e recursos disponíveis para explorá-las faz parte do desafio de inovar.

As incertezas da gestão da inovação envolvem cada vez mais riscos que devem ser minimizados pela incorporação de conhecimento e de habilidade de avaliar quais atividades e competências de uma organização serão afetadas pela mudança. Nesse aspecto, a percepção da arquitetura dos regimes tecnológicos – assim como a identificação de seus componentes, atividades e funcionalidades – torna-se estratégica.

No contexto econômico global, as fontes, os insumos, os componentes e os recursos para a produção tecnológica, assim como a distribuição de seus resultados estão cada vez mais descentralizados mundialmente. Como consequência, o gerenciamento da inovação enfrentará o desafio de ser realizado em escala global, envolvendo diferentes fatores socioeconômicos, culturais, regulatórios, políticos e capacitadores.

A inovação no século XXI consiste em lidar com uma fronteira científica móvel e em desenvolvimento, mercados fragmentados espalhados por todo o planeta, incertezas políticas, regulamentações instáveis, bem como uma série de concorrentes que surgem cada vez mais de direções inesperadas. Isso foi o que Roy Rothwell previu em seu estudo pioneiro sobre modelos de inovação, com um deslocamento gradual do pensamento (e organização) de um processo linear movido pelo estímulo científico-tecnológico ou pela exigência da demanda, para outro que previa crescente interatividade – primeiramente dentro da empresa com equipes funcionais integradas e outras atividades limítrofes, e então cada vez mais para fora da empresa em seus contatos com outras firmas. Sua visão

da “quinta geração” de inovação é, em essência, aquela com que temos de lidar atualmente – repleta de interações em rede diversificadas, aceleradas e otimizadas por um fluxo intenso de tecnologias de informação e comunicação. (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008, p.213).

Nesse cenário, o modelo de inovação tende a se mover de um estilo linear, estimulado por P&D interno às organizações e demandas de clientes, para um estilo interativo, com base em estímulos e demandas externas às organizações. O trabalho em rede, nesse contexto, agiliza a comunicação, o compartilhamento, a divisão de trabalho e o acesso a competências, facilitando a arquitetura da inovação em redes globais.

No modelo de inovação aberta, conforme Enkel, Gassmann e Chesbrough (2009), os vínculos e as conexões tornam-se tão importantes quanto a produção e a propriedade de conhecimentos. Esse modelo tem influenciado os sistemas nacionais e setoriais de inovação no estímulo direto à parceria entre empresas, principalmente as de pequeno porte, universidades e instituições de pesquisa em todo mundo, com objetivo de desconcentrar o risco, aumentar o campo de experimentação e ampliar a introdução da inovação.

2.3 Os sistemas de inovação

Os sistemas de inovação correspondem a modelos conceituais que reproduzem o relacionamento que ocorre entre os agentes que se encontram no âmbito de um processo de inovação. Conforme ressalta Edquist (2001), um sistema pode apresentar recortes geográficos ou setoriais, podendo englobar um setor, país ou região. Contudo, um sistema de inovação, independente de sua dimensão, sempre aborda uma dinâmica de mudança sociotécnica.

Mesmo que se apresentem como modelos conceituais, os sistemas de inovação podem se converter em uma ferramenta útil de conhecimento, que, de acordo com Chaminade e Edquist (2005), tem sido adotada por pesquisadores e gestores para a tomada de decisão acerca dos processos inovativos.

Os sistemas de inovação podem proporcionar um diagnóstico para a intervenção em segmentos específicos na medida em que permitem a detecção de fatores de crescimento ou de bloqueio nos processos de mudança (BERGEK et al., 2008).

Na análise das estruturas básicas de um sistema de inovação, Edquist (2001) chamou atenção para dois aspectos essenciais a todos os sistemas: as organizações e as instituições. As organizações correspondem a seus componentes, representados

por atores que compõem uma típica cadeia produtiva, tais como fornecedores de insumos, produtores, distribuidores e varejistas. Mas ao lado desses atores, um sistema de inovação comporta outros tipos de agentes: centros de P&D públicos e privados; universidades; agência de capital de risco e semente; empresas de marketing; serviços tecnológicos e de distribuição (CHAMINADE; EDQUIST, 2005).

Da mesma forma que a natureza dos participantes de um sistema de inovação é diversificada, os padrões de atividades e relacionamentos mantidos por eles são diferenciados. Quase sempre a relação estabelecida entre esses atores não é planejada nem intencional e eles não precisam compartilhar metas nem propósitos idênticos.

Frequentemente, não existem as mesmas motivações que levam os atores a cooperarem para determinados fins, podendo até se estabelecer um quadro de conflitos durante a cooperação entre eles.

Embora o conceito de sistema de inovação possa sugerir ação coletiva e coordenada, na condição de construtor analítico um sistema pode não existir de forma completa na realidade. Em muitos casos os componentes reais de um sistema de inovação podem apresentar uma fraca interação. A interação pode ser não planejada, não intencional nem deliberada mesmo nos sistemas de inovação mais desenvolvidos. Seus atores servem a propósitos específicos e não compartilham necessariamente as mesmas metas e nem precisam trabalhar conscientemente para os mesmos propósitos. Mesmo quando não orquestrados por nenhum ator específico, conflitos e tensões são parte dos sistemas de inovação. (BERGEK et al., 2008, p. 413)

Essa variabilidade de propósitos em uma cooperação é explicada pelos ambientes e culturas distintos nos quais cada parte está inserida. Segundo Edquist (2001), enquanto as organizações e seus agentes representam os componentes, as instituições correspondem a “conjuntos de hábitos, rotinas, práticas, regras e normas que regulam as interações entre indivíduos, grupos e organizações” (EDQUIST, 2001, p. 14).

As instituições – com suas regulamentações, normas e procedimentos – moldam as organizações e os indivíduos; mas o contrário também é verdadeiro e o comportamento individual pode influir e provocar mudanças em uma organização e suas instituições. Portanto, Chaminade e Edquist (2005) consideraram que as articulações existentes entre atores, organizações e instituições podem ser reveladoras da natureza de um sistema de inovação.

Outros elementos funcionais característicos dos sistemas foram destacados por Malerba (2002). O autor identificou o conhecimento e a capacidade de aprendizado

dos agentes como características essenciais ao desenvolvimento de trajetórias e de regimes tecnológicos. A capacidade dos agentes de apreender, de acumular conhecimento e a partir disso tirar proveito das oportunidades tecnológicas criadas no âmbito de um setor, conforme Malerba (2002), tem consequências diretas sobre perdas e ganhos de vantagem competitiva e sobre o desempenho de todo um sistema.³

Um segundo aspecto imprescindível aos sistemas de inovação, assinalado por Malerba (2002), se refere à conexão existente entre tecnologia e ativos complementares. Os ativos complementares correspondem a elementos de natureza diversa que se conectam à tecnologia de base em seu processo de desenvolvimento, aperfeiçoamento e distribuição. Eles podem ser representados por fontes de insumos, componentes, *know how*, propriedade intelectual, *design*, *marketing*, canais de distribuição e muitos outros elementos.

Correspondendo a aportes materiais, atividades críticas e serviços especializados, os ativos complementares se conectam à tecnologia de base no decorrer de várias fases de uma trajetória tecnológica, com influência direta sobre o êxito final da inovação.

Dependendo do nível de apropriação que um inventor detenha sobre uma invenção, da fase do desenvolvimento na qual ela esteja inserida ou da posse que um terceiro mantenha sobre um ativo importante para o destino da invenção pode haver a migração das vantagens do inventor para o detentor do ativo especializado. Dessa forma, a exclusividade sobre os canais de distribuição de um produto pode fazer fluir os proveitos da invenção para o detentor desse ativo exclusivo ou especializado.⁴

³ De acordo Malerba (2002) a capacidade de acumular conhecimentos, de saber utilizá-los e apropriá-los correspondem a dimensões-chave dos regimes tecnológicos e de aprendizagem. O acúmulo de conhecimento pode resultar em níveis elevados de apropriabilidade da inovação, quando empresas introduzem incrementos constantes baseados nesse conhecimento acumulado. Enquanto que as oportunidades refletem a possibilidade de inovar, a apropriabilidade encerra as possibilidades de proteger as inovações de imitações e colher proveitos da atividade inovadora. Regimes tecnológicos caracterizados por altos níveis de oportunidade deverão apresentar padrões de inovação marcados por turbulência tecnológica, instabilidade no âmbito das empresas e contínua entrada de inovadores. Já os regimes caracterizados por baixo nível de oportunidades tendem a restringir o surgimento de novas empresas inovadoras e a proporcionar maior estabilidade para as empresas estabelecidas. Graus elevados de apropriabilidade permitem a inovadores bem-sucedidos manter vantagens competitivas, fato que se reflete na concentração industrial e no ingresso de menor número de inovadores no setor. Por outro lado, um baixo grau de apropriabilidade e de investimento em inovação tem a propensão de produzir uma estrutura setorial marcada pela presença de grande número de inovadores. Elevados níveis de cumulatividade tecnológica, por sua vez, estão associados à continuidade da atividade inovadora nas empresas, favorecendo a estabilidade das firmas líderes do setor. Por meio da cumulatividade, são reunidas vantagens que afetam a competitividade e agem como barreiras à entrada novos inovadores.

⁴ Analisando a distribuição dos proveitos da inovação, Teece (1986) observou que um imitador ou um parceiro podem obter vantagens maiores do que o inventor sobre o pioneirismo de uma invenção. Quando o inventor detém patente ou outro direito de apropriabilidade que impeça o acesso de imitadores a conhecimentos relevantes, então ele pode licenciar sua tecnologia, por exemplo, por meio de um contrato. Os fatores que dificultam a imitação permitem que o inovador estabeleça formas de acesso a ativos especializados com menor risco e a realização do aperfeiçoamento tecnológico sem o perigo da cópia. No entanto, quando não há proteção estrita e existe a possibilidade do parceiro imitar a tecnologia ou monopolizar sua produção ou distribuição, em virtude de uma posição exclusiva que detenha no mercado, então os benefícios da inovação poderão migrar dos inovadores para os detentores de ativos exclusivos.

Em decorrência da importância dos ativos complementares, as estratégias de negociação e de transferência tecnológica são cruciais. Consolidadas por meio de contratos e de outras formas de negociações e acordos formais e informais, essas estratégias passam a mediar o relacionamento entre os agentes, o acesso a conhecimentos, *know how*, tecnologias e relacionamentos. A habilidade em negociar contratos, parcerias, cooperação e compartilhamento de ativos asseguram vantagens, ganhos pactuados e posições competitivas no âmbito das redes de inovação.⁵

As interações estabelecidas entre os agentes de um sistema de inovação, desde a geração do conhecimento até a adoção da inovação pelo usuário final, influenciam no funcionamento de uma cadeia produtiva e de um setor, no modo como ele opera e no grau de concorrência ou concentração que apresenta. Cada agente heterogêneo desempenha uma função específica que representa uma fonte potencial de dinamismo para os sistemas de inovação associados às cadeias produtivas.

Hekkert et al. (2007) observaram que as atividades desempenhadas por cada agente – seja ele representado por um centro de pesquisa ou uma firma de *marketing* – correspondem às verdadeiras fontes de dinamismo dos sistemas. Essas fontes estão envolvidas na criação, no desenvolvimento, na difusão e na adoção de novas técnicas e práticas. Por meio das atividades dessas fontes e dos seus agentes, os sistemas evoluem com ritmo e direção que variam conforme a natureza das tecnologias, tipos de atores, organizações envolvidas, regulamentações setoriais, investimentos disponíveis e expectativas de mercado.

As atividades desempenhadas por cada fonte podem representar fatores de estímulo ou bloqueio relacionado à evolução dos sistemas. Por exemplo, em áreas de tecnologias consolidadas como na exploração de petróleo, os avanços podem ocorrer mais lentamente em virtude de inércia própria dos sistemas tecnológicos bem desenvolvidos que resistem às mudanças. Enquanto isso, em áreas de prospecção novas, como a de pesquisas sobre células de combustível de hidrogênio, por exemplo, a existência de espaço aberto para o incremento tecnológico não impede que surjam entraves que bloqueiem o fluxo do processo de inovação. Tais bloqueios podem surgir de fora de um sistema e de trajetórias mais antigas, por exemplo, por *lobbies* movidos pelas indústrias de ramos energéticos concorrentes, como a do petróleo (HEKKERT et al., 2007).

⁵ Nesse sentido Teece (1986) assinalou que contratos com base em negociações bem conduzidas têm sido uma modalidade muito utilizada para acesso a capacidades e a parcerias estratégicas, que podem inclusive conferir maior credibilidade e reputação ao negócio e permitir acesso a um *know-how*, cujo domínio dependeria de longo investimento e de longo período de aprendizado tecnológico.

Portanto, o ritmo de evolução e a direção da mudança tecnológica são influenciados por diversos fatores isolados ou combinados, tanto internos à própria rota tecnológica quanto externos a ela. Tais fatores resultam de estímulos ou barreiras movidos por segmentos da indústria, de regulações setoriais, de políticas nacionais de fomento à inovação ou de posições concorrenciais de mercado.

Na avaliação do grau de maturidade e desempenho dos sistemas de inovação, Hekkert *et al.* (2007) sugeriram a adoção de uma seleção de funções. Essas funções assinalam características e tendências comuns encontradas nas redes e que são informativas do tipo de atuação e dos resultados do desempenho de seus componentes. As funções apontam para as atividades exercidas pelos agentes, para formas de interações entre eles, pontos de sinergia, dinamismo ou bloqueio estabelecidos nesses relacionamentos.

A atividade empresarial, por exemplo, foi selecionada como uma função-chave das redes de inovação, na medida em que lida com a incerteza básica desses processos. O grau de empreendedorismo e a capacidade dos agentes de assumirem riscos, de experimentar e de diversificar foram considerados os meios mais diretos de redução dessa incerteza.⁶

Outra função cujo desempenho foi considerado essencial à evolução dos sistemas de inovação está associada ao conhecimento e ao aprendizado. Como já observado, o conhecimento é o principal insumo da economia contemporânea e a aprendizagem é o principal meio para adquiri-lo, reproduzi-lo e incrementá-lo.

Diferentes tipos de conhecimentos, segundo Hekkert *et al.* (2007), interagem no processo de inovação a fim de dar suporte às atividades científicas, tecnológicas, adaptativas, incrementais, de customização e distribuição de produtos e serviços nos mercados nele integradas. Na difusão desses tipos de conhecimentos, as redes de cooperação técnica, comercial, profissional e comunitária assumem um papel destacado no compartilhamento e no aprendizado que perpassa todo o processo de inovação: da etapa de P&D à aquisição do produto final pelo cliente (BERGEK *et al.*, 2008).

Uma terceira função associada ao desempenho dos sistemas foi a direção assumida pelo desenvolvimento tecnológico. Essa função, segundo Malerba (2002), exerce uma seleção na variedade que caracteriza a produção do conhecimento, pois, na

⁶ De acordo com Bergek *et al.* (2008) a incerteza é característica que acompanha o desenvolvimento tecnológico e industrial e a experimentação empresarial é a principal fonte de redução dessa incerteza. A experimentação envolve novas aplicações ou novos usos de conhecidas aplicações realizadas por entrantes ou empresários experientes que diversificam suas ações no sentido *shumpeteriano* de novas combinações. Sem a experimentação o desenvolvimento tecnológico entra em estagnação.

medida em que a mudança técnica não é nem autônoma nem aleatória, ela segue prioridades, expectativas e preferências.

Como restou evidenciado, as trajetórias tecnológicas são influenciadas por um conjunto de fatores – tais como oportunidades técnicas, fontes de recursos, demandas do mercado, relevância social, política e econômica – que exerce seleção e direcionamento nas trajetórias.

A formação de mercado corresponde a uma quarta função que é muito informativa acerca do grau de maturidade alcançado por cada sistema. Os mercados podem estar em diferentes fases de desenvolvimento: emergente, intermediária ou madura. Em cada uma dessas fases, medidas de regulamentação podem impactar positiva ou negativamente a produção e o consumo com consequências sobre a formação do mercado.

Em sistemas de inovação emergentes, os mercados podem ainda estar pouco desenvolvidos, os clientes podem ainda não estar articulados em torno de demandas específicas, o preço e o desempenho tecnológico podem ser pouco competitivos quando comparados com a tecnologia anterior. Nestes casos, vantagens propiciadas por estímulos diretos e indiretos do governo – linhas de créditos, estímulos diretos à produção e redução de impostos – podem ter efeitos sobre a diminuição das incertezas do investidor, do risco do empresário, além de estimular e induzir a formação de mercado (BERGEK et al., 2008).

Uma quinta função citada como um dos pontos-chave dos sistemas de inovação foi a alocação de recursos humanos e financeiros. Essa função está associada à habilidade dos agentes de mobilizarem competências, infraestrutura material, capitais de investimento (fomento, semente e de risco), capacitação, aprendizagem em vários níveis e ativos complementares.

O volume de capitais alavancados, a posse de ativos tangíveis e intangíveis, níveis de aprendizado e capacitação, entre outros parâmetros, podem ser indicativos do grau cumprimento dessa função.

A sexta função que foi relacionada por Hekkert et al. (2007) ao desempenho dos sistemas foi a da legitimidade. Essa função se trata, conforme os autores, de uma qualidade desejada e buscada pelos atores e intervenientes de um sistema de inovação. A legitimidade está associada à ideia de relevância de uma inovação, no sentido da criação de produtos e serviços de valor para a sociedade.

De acordo com Bergek et al. (2008), a legitimidade é uma qualidade construída por meio de ações conscientes por parte de indivíduos e organizações

interessadas no bom desempenho de um sistema. Ela torna possível a criação de políticas de estímulo à inovação, formas de financiamento, parcerias comerciais e tecnológicas, obtenção de recursos humanos e materiais, formação de mercados e desenvolvimento tecnológico.

Um sistema de inovação, como salientou Hekkert et al. (2007), é criado a partir de certas condições e submetido, desde sua origem, à concorrência de outros sistemas já estabelecidos. Desse modo, além do atendimento às regulações vigentes, algum tipo de estratégia de legitimidade é sempre necessária, tal como a valorização da relevância social, econômica e política que uma inovação proporciona.

Por último, o cumprimento de cada uma das seis funções citadas acima tem efeito potencial sobre as demais. Consequentemente, se o sistema obtém legitimidade será mais fácil a realização das funções de mobilização de recursos, de conhecimento, de mercado e de atividade empreendedora.

Do mesmo modo, as influências recíprocas e as relações de causa e efeito estabelecidas entre tais funções podem gerar uma espécie de círculo virtuoso de mudança “que fortalece simultaneamente cada uma das funções e leva a construção de um processo de constante de renovação no interior de um sistema” Hekkert et al. (2007, p 424).

Muitas interações são possíveis entre as seis funções, todas elas influenciam a direção e o ritmo da inovação. A abordagem conjunta dessas interações e suas variáveis cria um contexto explicativo sobre os modelos formativos e evolução dos sistemas de inovação.

Esses modelos, com foco nas atividades dos agentes e nas funções que cada um desempenha, permitem a análise em tempo real de um sistema em construção.

No próximo segmento, dar-se-á continuidade ao desenvolvimento da abordagem conceitual pela adoção das noções até aqui discutidas no entendimento das transformações recentes que afetaram o ambiente da pesquisa pública agropecuária.

2.4 Pesquisa agropecuária e inovação

Na análise das transformações que ocorreram no cenário recente da agricultura brasileira, Possas, Salles-Filho e Silveira (1996) utilizaram os conceitos de trajetórias, e paradigmas tecnológicos para abordar o ciclo de crescimento influenciado pelos padrões da Revolução Verde.⁷

No início desse ciclo, na década de 1960, a agricultura foi considerada pela literatura econômica como um setor de baixa incorporação técnica e aberto a inovações. No entendimento dos autores, essas avaliações tinham origem na comparação da agropecuária com os setores industriais, que apresentavam maior volume de negócios, de concorrência e tendência a monopólios.

No entendimento da economia agrícola, Possas, Salles-Filho e Silveira (1996) observaram que análises como a de Pavitt (1984), voltadas à transferência tecnológica da indústria para a agricultura, ajudaram a explicar as mudanças que se processaram no campo.⁸ No entanto, tais análises que definem a agricultura como um setor dominado por fornecedores das indústrias localizadas a montante (adubos, defensivos, sementes e maquinário) não consideraram todas as fontes de dinamismos que passaram a se desenvolver integradas à agropecuária, sob a influência do regime tecnológico dominante a partir dos anos de 1950.

Os elos estabelecidos entre a indústria e a agricultura no Brasil foram com mais detalhes analisados por Kageyama et al. (1990). Esses autores assinalaram que a mudança que transformou a produção artesanal em uma agricultura moderna, intensiva e mecanizada resultou de um processo histórico da passagem do antigo complexo rural para os agroindustriais. A formação dos complexos agroindustriais foi consequência da introdução dos padrões tecnológicos da Revolução Verde: de um lado, a incorporação de insumos e maquinários industriais, tais como fertilizantes, defensivos, corretivos do solo, sementes melhoradas, combustíveis líquidos, tratores, colhedoras, implementos e equipamentos de injeção; de outro, a integração da produção de alimentos e matérias-primas com as agroindústrias processadoras de açúcar, álcool, tecidos, carnes, leite, grãos e outros produtos (KAGEYAMA et al., 1990).

⁷ Revolução Verde refere-se à invenção e disseminação de novas sementes e práticas agrícolas que permitiram um vasto aumento na produção agrícola em países menos desenvolvidos durante as décadas de 1960 e 1970. É um amplo programa idealizado para aumentar a produção agrícola no mundo por meio do melhoramento genético de sementes, uso intensivo de insumos industriais, mecanização e irrigação. (FUCK et al., 2008, p. 102).

⁸ A análise de Pavitt (1984) procurou explicar as mudanças tecnológicas a partir de padrões esboçados por setores produtivos. Dentre esses padrões foram considerados as estratégias das empresas, as fontes de tecnologia, as exigências dos consumidores, a formação de competências e as vantagens concorrenciais de cada segmento. Os padrões deram origem a uma classificação dividida em três tipos de dinâmicas: produção intensiva, baseada em ciência e dominada pelo fornecedor, essa última associada à agricultura.

O processo que aproximou a agricultura da indústria e substituiu a economia natural por cadeias agropecuárias – integradas a montante e a jusante em relação à indústria – intensificou a divisão do trabalho, as trocas intersetoriais, a especialização da produção rural e a substituição de importações de bens de produção que passavam a ser fornecidos pelo mercado interno.

Para tanto, houve a internalização da produção de insumos químicos, máquinas e equipamentos e da capacidade industrial para substituir as importações. A partir da internalização da capacidade da produção de bens e de insumos, a modernização na agropecuária prosseguiu sua evolução de forma autônoma, alterando a divisão tradicional indústria/agricultura/serviços.

Dessa forma, de acordo com Kageyama et al. (1990), a partir da formação das agroindústrias não haveria mais uma dinâmica geral que viabilizasse as transformações na agricultura. O ambiente rural comportaria dinâmicas específicas, setoriais, resultantes da evolução conjunta de trajetórias agrícolas e industriais que convergiram no contexto do regime tecnológico sob o paradigma da Revolução Verde.

Vieira Filho (2010) observou que embora os segmentos rurais fossem influenciados pelo forte influxo do regime tecnológico baseado em equipamentos e insumos químicos, as atividades agropecuárias não foram reduzidas a um único padrão homogêneo. De acordo com Vieira Filho (2010), houve a formação de um quadro complexo pela coevolução de trajetórias orientadas seja por demandas dos mercados agrícolas seja por *inputs* dos segmentos industriais. A evolução desses últimos não pode ser compreendida, segundo o autor, fora da inter-relação mantida com os mercados agrícolas.

A relação da produção agrícola com o uso de insumos não se dá por meio da dependência tecnológica, mas se refere fundamentalmente à complementaridade setorial e à coevolução da produção agrícola e do desenvolvimento de novas tecnologias.(...) Uma determinada tecnologia será rapidamente difundida na agricultura quando as necessidades do setor produtivo são atendidas. Quanto maior for o uso eficiente de uma dada tecnologia, maior será a capacidade de resposta do setor produtivo, a ponto de influenciar as trajetórias tecnológicas do setor fornecedor de insumos, engendrando a geração e a difusão de outras inovações (VIERA FILHO, 2010, p.72).

No mesmo sentido, ainda que a emergência da modernização e de industrialização tenha correspondido a uma tendência dominante nos últimos 60 anos, Souza (2008) considerou que ela não significou a homogeneização completa da

agricultura em termos de uma única forma de produção. Ao lado dos segmentos mais modernos e industrializados, persistiram amplos setores praticando uma agricultura com emprego de diferentes níveis tecnológicos, voltada para produção de matérias primas ou alimentos básicos, tanto para agroindústrias quanto para o abastecimento direto do consumidor final.

Em consequência disso, segundo Souza (2008), as atividades rurais passavam a ser influenciadas por estímulos e demandas diversas, apresentando dinâmicas tecnológicas, divisões de trabalho e integrações com mercados setoriais e externos distintos. Entretanto, a presença de dinâmicas tecnológicas e comerciais tão específicas não implicou a ausência de competitividade entre os produtores rurais, nem o esforço de um melhor desempenho concorrencial de seus produtos, mesmo nos segmentos de menor intensidade tecnológica.

Vale lembrar, contudo, que a adoção de mecanismos para melhoria da qualidade do produto, como uma forma de conquistar maior parcela de mercado ou de obter preços mais elevados que os dos competidores, constitui uma estratégia válida para diferenciar o produto, para aqueles segmentos que atuam dentro da porteira (SOUZA, 2008, p 53).

Ademais, ainda evocando os ensinamentos de Possas, Salles-Filho e Silveira (1996), a pouca propensão da agropecuária à formação de oligopólios, de concentração de mercados, de grandes escalas comerciais e de produção pode induzir à noção de que tais segmentos não comportam dinamismo concorrencial ou inovativo. Essa visão, que associa o capitalismo contemporâneo à imagem das grandes corporações, pode ocasionar uma percepção limitada dos segmentos produtivos baseados em pequena escala de negócios e em unidades familiares de produção como sendo segmentos atrasados e pré-capitalistas.

A esse respeito, Vieira Filho (2010) observou que as assimetrias presentes no campo refletem posições diferenciadas dos produtores rurais quanto à renda, tamanho, produtividade, capacidade de investimento, competência técnica e informação. Com base nesses diferentes aspectos, decisões relativas ao crescimento e diversificação que afetam o desempenho produtivo e concorrencial são tomadas. Embora as incertezas e os riscos que essas situações possam implicar, estratégias de intensidade variada quanto às opções tecnológicas, arranjos produtivos e diversificação nos mercados são adotadas, com repercussões sobre o aproveitamento das oportunidades tecnológicas, financeiras e comerciais.

A intensidade no emprego e a eficiência no uso de recursos e ativos disponíveis tendem a resultar em maiores níveis de desempenho, de competitividade e de

inovação. Nesse processo, a capacidade de aprendizagem e de assimilação realizados com base em experiências, práticas e conhecimentos acumulados tornam-se habilidades-chave para a eficácia da estratégia adotada, ocasionado melhor aproveitamento das oportunidades de crescimento e inovação.

A cumulatividade do aprendizado produtivo reforça o caráter tácito e específico do conhecimento, o que permite a certos produtores obter vantagens regionais. A capacidade gerencial do agricultor é fundamental no processo de exploração das vantagens competitivas e dos ganhos produtivos do conhecimento tecnológico. A experiência e o aprendizado do produtor no uso da nova tecnologia não apenas reduzem o risco ligado ao fator exógeno (adversidades climáticas, variabilidade geográfica e surgimento de novas pragas e doenças) como também redirecionam as trajetórias mais amplas do segmento fornecedor. Isto se dá por meio de um efeito de *feedback* que adapta e melhora a tecnologia à diversidade ambiental e às necessidades dos produtores. O processo de aprendizado (via experimentação) está associado à absorção do novo conhecimento, não somente à adequação de elementos tácitos no emprego deste conhecimento ou da tecnologia na unidade produtiva (VIERA FILHO, 2010, p. 72).

Na análise das dinâmicas agrícolas, a percepção dos agentes, funções, conhecimentos, tecnologias e interações mantidos entre eles, à semelhança de um sistema de inovação, contribuem para a identificação do potencial inovativo presente em cada segmento das economias rurais.

Apesar da diversidade de perfis e de tipos de empreendimento, no que se relaciona à inovação, podem-se notar características comuns a todos eles. De um modo geral, as trajetórias tecnológicas ligadas à agricultura, conforme Vieira Filho (2010), são muito suscetíveis às condições naturais como: ciclos biológicos, sazonalidade dos cultivos, conservação, perenidade e transporte de produtos. Como nos demais setores da economia, o emprego de tecnologia pode minimizar certas condições naturais. Todavia não pode radicalmente eliminá-las ou modificá-las.⁹

Para fazer face à necessidade de manejar os recursos naturais, conhecimentos e tecnologias aplicados à agropecuária devem apresentar uma abordagem caracteristicamente multidisciplinar. A atuação multidisciplinar é necessária ao manejo do meio ambiente resultante da interação das condições físicas, químicas

⁹ Em primeiro lugar, as inovações na agricultura são geralmente ambientalmente específicas na medida em que sua transferência pode estar limitada por vários fatores: adaptação ao clima e solo, problemas de pragas, culturas ou produtos locais. Em segundo lugar, no entanto, muitas fontes e canais de inovação podem criar novas oportunidades tecnológicas para a produção agrícola em ambientes específicos sempre que estas oportunidades sejam adequadamente adaptadas (VIEIRA FILHO, 2010, p.70).

e biológicas. Em razão dessa abordagem, as aplicações tecnológicas apresentam ainda tendência à convergência e à complementaridade, com o objetivo de potencializar e duplicar os efeitos e impactos sobre um ambiente complexo e formado por sistemas naturais que envolvem água, solo, clima e organismos vivos. Exemplos dessa convergência e complementaridade podem ser observados no desenvolvimento de cultivares de alto rendimento com tolerância a um herbicida específico ou de colheitadeiras ajustadas ao tamanho de plantas geneticamente modificadas (POSSAS; SALLES-FILHO; SILVEIRA, 1996).

Neste contexto, a convergência tecnológica verificada em produtos e processos empregados nas atividades rurais resultou da conexão entre conhecimentos e técnicas que evoluíram em conjunto por meio de influências e estímulos recíprocos. Essa coevolução de equipamentos e práticas propiciada por oportunidades científicas, técnicas e de mercado, como já assinalado, consolidou o regime tecnológico que marcou o cenário agrícola no decorrer dos últimos 60 anos.

Analisando as fontes de dinamismo associadas a esse regime, Possas, Salles-Filho e Silveira (1996) identificaram seis polos de geração e difusão de conhecimentos e tecnologias.

Esses polos foram reunidos de acordo com tipos de organizações, atores, atividades e funções desempenhadas nos segmentos agrícolas. Abaixo segue a enumeração resumida dos seis polos e suas principais funções:¹⁰

- a) Fontes privadas de organizações industriais – relacionadas à produção de máquinas, implementos e insumos agropecuários;
- b) Fontes institucionais públicas – relacionadas à produção de conhecimentos e tecnologias que tendem a impactar o setor;
- c) Fontes privadas relacionadas à agroindústria – que influenciam a qualidade e o padrão de produção da agropecuária;
- d) Fontes privadas na forma de organizações coletivas e sem fins lucrativos – tais como cooperativas e associações;
- e) Fontes privadas relacionadas ao fornecimento de serviços – que atuam na disseminação de novas técnicas;
- f) Unidades de produção agropecuária.

¹⁰ Os seis polos dinâmicos da agricultura citados resumidamente encontram desenvolvidos em Possas, Salles-Filho e Silveira (1996, p. 937-938).

As funções realizadas por cada polo e as interações mantidas entre eles, como observado, se desenvolveram de forma integrada, convergente e complementar no âmbito do regime tecnológico. Sem terem apontado a predominância de uma fonte sobre a outras, Possas, Salles-Filho e Silveira (1996) salientaram que as indústrias a montante e a pesquisa pública desempenharam papéis-chave na formação desse regime. As indústrias introduziram sementes de alto rendimento (em grande parte híbridas) e pacotes tecnológicos compostos por máquinas, equipamentos, insumos químicos e sistemas de irrigação. Em contrapartida, as universidades e os centros públicos de pesquisa proporcionaram as bases científicas para a assimilação desses pacotes.

A difusão do paradigma da Revolução Verde, por meio da transferência de tecnologias dos países desenvolvidos em direção àqueles em desenvolvimento, foi associada ao crescimento acentuado da produção e da produtividade agrícola nessas regiões. Durante o período da Guerra Fria até a década de 1990, a adoção desse regime contribuiu para a regularização do abastecimento de alimentos a preços reduzidos, a disponibilização de matérias-primas e mão de obra para o crescimento industrial, o fortalecimento dos mercados internos de alimentos e industrializados e ainda para a elevação do nível da exportação dos produtos agrícolas dos países em desenvolvimento (DELGADO, 2001).

Após décadas de incremento de produção pelo emprego de tecnologias intensivas no uso de energia fóssil, de insumos químicos e de recursos naturais, a produtividade agrícola passou a declinar, exigindo aportes cada vez maiores de recursos e de insumos. O uso indiscriminado de agroquímicos fez surgir resistências a pragas e doenças nas lavouras. Manejos inadequados às regiões tropicais e o excesso de adubação alteraram os níveis de matéria orgânica e dos processos microbiológicos causando a compactação, a erosão e a desertificação dos solos. A qualidade dos mananciais de água, do ar e dos alimentos também foi atingida pela contaminação de substâncias tóxicas e nocivas à saúde humana e animal (SOUZA, 2008).

Diante desse quadro, pressões direcionadas a mudanças nos padrões de produção agrícola passaram a crescer sensivelmente, motivadas por movimentos ecológicos e ambientais que em todo mundo eram favoráveis à adoção de medidas da segurança dos alimentos e da sanidade animal e vegetal.¹¹

¹¹ "No que se refere ao planejamento estratégico de desenvolvimento nacional, a produção agropecuária se relaciona a três grandes temáticas: segurança alimentar, matriz energética e sustentabilidade ambiental. Tais temas se inserem no debate do crescimento sustentável. Assim, o fornecimento de alimentos essenciais a custos competitivos, a diversificação da matriz energética com a inclusão cada vez maior do uso de biomassa e a incorporação da questão ambiental na dinâmica produtiva fazem parte de uma estratégia mais ampla de crescimento com incorporação tecnológica." (VIEIRA FILHO, 2010, p. 68).

Ao lado das pressões ambientais e sociais, emergiram ainda outros tipos de mudanças de caráter global. A recessão mundial iniciada nos anos de 1980 determinou cortes severos aos subsídios e demais tipos de proteção concedidos à agricultura. Além disso, como foi notado por Salles-Filho e Bonacelle (2010), houve uma forte redução no financiamento aos programas de pesquisa agropecuários em vários países durante esse período recessivo.

Em meio a tais circunstâncias, as atividades e as fontes de inovação na agropecuária foram profundamente afetadas, passando a operar em um ambiente marcado por cortes orçamentários, buscas por fontes alternativas de financiamento e de recursos. Nesse contexto, foi notória a aproximação entre os segmentos públicos e privados, com vistas ao cofinanciamento das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e ao compartilhamento dos riscos e dos custos cada vez maiores envolvendo a inovação.¹²

No campo regulatório, observou-se a emergência de barreiras não tarifárias no âmbito do comércio mundial dos produtos agropecuários. Para fazer frente às novas exigências sanitárias e ambientais, países exportadores de alimentos, situados na faixa tropical como o Brasil, precisaram associar às vantagens tradicionais – como disponibilidade de terras, mão de obra, insolação e água – inovações tecnológicas capazes de atender à demanda por aumento de produtividade de alimentos com maior aporte proteico como carne e grãos (SOUZA, 2008).

Embora o aumento de produtividade por área e trabalho ainda fosse buscado, Fuck et al. (2008) notaram que a qualidade, a certificação e a rastreabilidade de produtos e processos passavam a ser incorporados como meios de agregar valor, de ampliar a competitividade e de assegurar vantagens e acesso aos mercados internacionais.

A elevação da qualidade de produtos e processos agropecuários se beneficiou da emergência de novas áreas do conhecimento como a informática, a biotecnologia e mais recentemente a nanotecnologia. Esses conhecimentos afetaram profundamente os ambientes de ciência e tecnologia (C&T), reorientando, renovando e dando origem a novas trajetórias tecnológicas. Sob o influxo desses novos conhecimentos, foram introduzidas habilidades que antes não faziam parte do escopo principal de competências das organizações e empresas agrícolas. A incorporação dessas habilidades fez melhorar o desempenho e tornou-se fator de aumento de

¹² “(...) interessante é observar o contexto de evolução da produção e da produtividade da agricultura nacional, embasada não somente na expansão da fronteira agrícola e do crédito rural, mas na incorporação de novas tecnologias e inovações no campo, exigindo-se assim, um tratamento diferente de temas até então consolidados no *mainstream* e mesmo a incorporação de discussões que pouco faziam parte deste campo de estudo – como as interações entre os setores públicos e privados (especialmente no tocante ao desenvolvimento da pesquisa e da inovação) e, conseqüentemente, da repartição dos riscos e dos benefícios aí envolvidos” (FUCK et al., 2008, p.104)

competitividade indispensável para sobrevivência dessas organizações (SALLES-FILHO; BONACELLE, 2010).

Entretanto, a aquisição desses novos conhecimentos não correspondeu a um processo simples. Ainda em curso, esse processo envolve significativos gastos com aprendizado e tempo, criação e recriação de competências, não somente no campo de C&T, como também no da gestão em áreas-chave das organizações.¹³ A incorporação contínua de conhecimentos, tecnologias e *know how* à produção rural teve como consequência a valorização desses ativos agregados a produtos, processos e serviços. A respeito da importância que esses ativos vêm assumindo na pesquisa e desenvolvimento agropecuário, Carvalho, Salles-Filho e Paulino (2006) se referiram ao crescimento de um mercado intermediário de licenças e cessões de patentes, marcas, *design*, cultivares, *softwares* entre outros direitos de propriedade intelectual, indicando o crescente emprego desses ativos pelos atores dos sistemas agrícolas.

Segundo Carvalho, Salles-Filho e Paulino (2006), os direitos de propriedade intelectual em conjunto com mecanismos que regulam a circulação de conhecimentos, tecnologias e *know how* tais como contratos de parceria científica, de cooperação técnica, de transferência e licenciamentos tecnológicos, ampliam a capacidade de apropriação econômica desses intangíveis pelos agentes que participam dos sistemas setoriais de produção e inovação.

Além disso, esses mecanismos e direitos facilitam, de forma mais adequada e segura, a circulação e o compartilhamento desses ativos entre os agentes, favorecendo o acesso a conhecimentos, tecnologias e *know how* e a criação de valor nas cadeias produtivas e nos mercados agropecuários. Os ditos autores ressaltam que o emprego de cada mecanismo vai depender sempre da avaliação baseada no tipo de ativo a ser protegido, nos atores e organizações envolvidos em sua produção e difusão e do mercado ou usuários a que se destinam.

De modo geral, os direitos de autor protegem as expressões de criação intelectual presentes em artigos científicos e outras diversas formas de difusão da informação e do conhecimento. As patentes de invenção e de modelo de utilidade são empregadas na apropriação de tecnologias aplicadas a processos industriais e seus produtos,

¹³ A respeito da incorporação de conhecimentos científicos e sobretudo tecnológicos nos repertórios e rotinas das organizações Dose e Grazi (2010) observaram que as habilidades e competências adquiridas, experiência acumuladas e conhecimento pré-existente desempenham um papel-chave. A assimilação ocorre de forma associativa, cumulativa e pragmática, no sentido do aprender-fazendo, envolvendo uma síntese criativa e transformadora com base no velho e novo conhecimento. Conforme os autores, reproduzir conhecimento tecnológico envolve significativos esforços, custos e muita incerteza quanto ao sucesso final, porque adquirir capacidade tecnológica relevante, mesmo quando não protegida por barreiras como a patente, implica gasto de aprendizado e de tempo, além da difícil criação e reprodução de competências em *know-how*, gestão e organização.

inclusive de inovações biotecnológicas. Mas quando a tecnologia não atende aos requisitos legais de patenteabilidade (novidade, atividade inventiva e aplicabilidade industrial) ou quando se trata de uma invenção de fácil imitação, ela poderá ser alternativamente objeto de segredo de negócio, de acesso restrito a terceiros que se comprometem a fazer uso do segredo conforme condições estabelecidas pelo titular da invenção (PIMENTEL, 2010).

Outros tipos de mecanismos de propriedade intelectual podem ser empregados na proteção das inovações agropecuárias. O registro de desenho industrial protege a criação de caráter estético incorporada em objetos e em embalagens. Os registros de marcas conferem distinção, identidade, diferenciação e qualidade a produtos e serviços presentes nos mercados. As indicações geográficas e denominações de origem distinguem produtos e serviços pela procedência ou reputação devido a condições naturais e/ou humanas que os diferenciam perante outras. Os registros de *software* e programa de computador apresentam largas aplicações em equipamentos utilizados na agropecuária visando o processamento de dados e informações. O registro de topografia de circuito integrado protege tecnologia empregada em dispositivos de georeferenciamento, sensoriamento e rastreabilidade e o certificado de proteção de cultivar assegura propriedade intelectual sobre nova variedade vegetal (PIMENTEL, 2010).

A adoção desses direitos ou meios de apropriação pode ser feita de maneira isolada ou complementar. Por exemplo, uma invenção pode ser simultaneamente apropriada por direito de autor, patente e marca. Mas a opção pelo uso de cada mecanismo, de forma isolada ou associada, sempre vai depender, como observado, da natureza do conhecimento e da tecnologia, dos tipos de atores envolvidos e do grau de concorrência do mercado nos quais são inseridos.

Por fim, as tendências e transformações recentes que passaram a afetar a produção e os mercados agropecuários tais como padrões de sustentabilidade, exigência de qualidade e certificação, cortes nos subsídios e no orçamento de pesquisa agrícola contribuíram para configuração de um novo ambiente. Nesse ambiente, as parceiras públicas e privadas se tornaram articulações essenciais ao desenvolvimento tecnológico e a inovação na agropecuária.¹⁴

Na realização dessas parcerias, o emprego de formas de apropriação de conhecimentos e de tecnologias tem se convertido em meios cada vez mais frequentes de garantir direitos, atrair cooperação e compatibilizar interesses distintos. Nesse

¹⁴ "(...) a proteção à propriedade intelectual é um elemento central no novo regime tecnológico que vem sendo construído. Assim como ocorreu em outros setores, na agricultura o potencial de maior apropriabilidade do esforço inovativo atraiu maiores investimentos, notadamente das grandes empresas, e abriu novas oportunidades de articulações." (FUCK et al. , 2010, p.106).

contexto, a aplicação de mecanismos de propriedade intelectual e a negociação de contratos têm mediado o relacionamento que reúnem empresas, universidades, cooperativas, centros públicos de pesquisa e associações de produtores rurais.

A formação dessas redes de cooperação, com aporte mais intenso de ativos intelectuais, visa gerar novas soluções para as transformações em curso, que poderão ou não ser respondidas pelas atuais trajetórias tecnológicas, organizações, agentes e fontes de inovação. No entendimento dessas tendências a mudanças, Possas, Salles-Filho e Silveira (1996) consideraram necessária a avaliação do caminho percorrido e das posições sucessivas adotadas recentemente pelas organizações ligadas às principais fontes de dinamismo da agropecuária: as indústrias situadas a montante (sementes, fertilizantes, defensivos, máquinas e equipamentos); as organizações públicas de pesquisa e universidades; as agroindústrias processadoras, situadas a jusante; as empresas prestadoras de serviços em novas áreas tecnológicas; assim como as cooperativas e associações .

A presente abordagem conceitual acerca dos processos de inovação tem como objetivo servir de subsídio para o estudo, avaliação e seleção de melhores práticas de cooperação e transferência de tecnologia que ocorre entre atores das cadeias produtivas agropecuárias com vistas ao desenvolvimento desses segmentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGEK, A.; JACOBSSON, S.; CARLSSON, B.; LINDMARK, S.; RICKNE, A. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. **Research Policy**, n. 37, p. 407–429. 2008.

BRESSER-PEREIRA, L. C. **O conceito histórico de desenvolvimento econômico**. São Paulo: FGV, 2006. (Texto de discussão, 157).

CARVALHO, S. M. P. de; SALLES-FILHO, S. L. M.; PAULINO, S. R. Propriedade Intelectual e Dinâmica de Inovação na Agricultura, **Revista Brasileira de Inovação**, v. 5, n. 2, p. 315–340, 2006.

CHAMINADE, C.; EDQUIST, C. From theory to practice: the use of systems of innovation approach in innovation policy. **CIRCLE Electronic Working Paper Series**, n. 2, 2005.

DELGADO, G. C. Expansão e modernização do setor agropecuário no pós-guerra: um estudo da reflexão agrária. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 15, n. 43, dez. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142001000300013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso: 02 mai. 2011.

DOSI, G.; GRAZZI, M. On the nature of technologies: knowledge, procedures, artifacts and production inputs, **Cambridge Journal of Economics**, v. 34, p. 173–184, 2010.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, n. 11, p. 147–162, 1982.

EDQUIST, C. The Systems of innovation approach and innovation policy: an account of the state of the art. In: DRUID CONFERENCE, 2001, Aalborg. **proceedings... Aalborg**: DRUID Society, 2001.

ENKEL, E.; GASSMANN, O.; CHESBROUGH, H. Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon. **R&D Management**, v. 4, n. 39, 2009.

FREEMAN, C.; SOETE, L. O desenvolvimento e a difusão de tecnologias. In: FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Editora Unicamp, 2008. p. 603–630.

FUCK, M. P.; CASTRO, A. C.; SALLES-FILHO, S.; CARVALHO, S. P. de. Catching-up no setor agrícola brasileiro: o papel das novas instituições. **Economia & Tecnologia**, v. 15, Out/ Dez, 2008.

HEISEY, P. W. ; KING, J. L.; RUBENSTEIN, K. D.; SHOEMAKER, R. **Government Patenting and Technology Transfer**. Washington: USDA, 2006. (Economic Research Report, 15).

HEKKERT, M. P.; SUURS, R. A.; NEGRO, S. O., KUHLMANN, S.; SMITS, R. E. H. M. Functions of innovation systems: a new approach for analyzing technological change. **Technological Forecasting & Social Change**, n. 74, p. 413–432, 2007.

JAFFE A. B.; LERNER J. Reinventing Public R&D: patent policy and the commercialization of national laboratory technologies. **The RAND Journal of Economics**, V. 32, n. 1, p. 167–198. 2001.

LAFORET, M. R. C. **A transferência de tecnologia de processos de produção de fertilizante organominerais**: pesquisa-ação sobre uma parceria público-privada. 2013. 192 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação) – Academia de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, Rio de Janeiro.

KAGEYAMA, A. et al. O Novo Padrão Agrícola Brasileiro: do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: DELGADO, G. C. (Org.). **Agricultura e Políticas Públicas**, Brasília, DF: IPEA, 1990. p. 113–223.

LES NOUVELLES. **Washington**: Licensing Executives Society International, v. 45, n. 4, dec. 2010.

MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production, **Research Policy**, v. 31, p. 247–264, 2002.

NELSON, R. Economic Development from the Perspective of Evolutionary Economic Theory. **GLOBELICS Working Paper Series**, n. 2. 2007.

PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org). **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Hucitec, 2006.

PEREZ, C. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, n. 34, p. 185–202, 2010.

PIMENTEL, L. O. (Org.). **Curso de propriedade intelectual e inovação no agronegócio**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Mapa; Florianópolis: UFSC, 2010.

POSSAS, M. L.; SALLES-FILHO, S. L. M.; SILVEIRA, J. M. An Evolutionary Approach to Technological Innovation in Agriculture: some preliminary remarks. **Research Policy**, v. 25, p. 933–945, 1996.

RUBENSTEIN, K. D. Transferring public research: the patent licensing mechanism in agriculture. **Journal of Technology Transfer**, v. 28, p. 111–130, 2003.

SALLES-FILHO, S.; BONACELLI, M. B. M. Trends in the organization of public research organizations: lessons from the Brazilian case. **Science and Public Policy**, v. 37, n. 3, p.193–204, 2010.

SOUZA, A. C. de. Inovação e propriedade intelectual no agronegócio no Brasil. **Revista Política Agrícola**. v. 7, n. 2, p. 52–64, 2008.

TEECE, D. J. Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy. **Research Policy**, v. 15, p. 285–305. 1986.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman. 2008. 600 p.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Trajetória tecnológica e aprendizado no setor agropecuário. In: GASQUES, J. C.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org). **A Agricultura Brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2010. p. 67–96.

Elementos para a Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de um Empreendimento

Luís Ronaldo Iglesias

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

3.1 A importância da análise *ex-ante* de um empreendimento

3.2 Plano de negócios: conceitos e características

3.3 Plano financeiro

3.4 Análise econômico-financeira de um plano de negócios

3.5 Uso de *software* para elaborar um plano de negócios

RESUMO

De acordo com pesquisa realizada pelo Sebrae, 56% das empresas abertas na cidade de São Paulo não sobrevivem além dos quatro anos de atividade. Dentre as causas para tão expressiva taxa de mortalidade estão basicamente a falta de capital, de clientes e de planejamento. Uma das ferramentas mais eficientes de superar as dificuldades tanto de abrir quanto de manter um empreendimento é o Plano de Negócios, que tem na análise econômico-financeira uma de suas partes mais importantes. Com ela, é possível fazer uma análise *ex-ante* do investimento para saber em quanto tempo ele retornará o capital investido (*Payback*), a sua Taxa Interna de Retorno (TIR) e o seu Valor Presente Líquido (VPL) num determinado horizonte de tempo. Essa análise pode e deve ser usada tanto para o planejamento de futuras ações como também para viabilizar a captação de recursos para o empreendimento, contribuindo para que ele não engrosse as estatísticas de mortalidade das empresas.

3.1 A importância da análise *ex-ante* de um empreendimento

A Economia é uma ciência social aplicada que se ocupa da administração de recursos sempre escassos para atender às necessidades humanas. Desta definição derivam-se dois princípios básicos da Teoria Econômica: os princípios da Escassez e o das Necessidades Ilimitadas. Segundo Frizzone et al., (2005), o problema econômico básico é o de alocar recursos limitados, como o trabalho em todos os níveis de qualificação, o capital, a terra e outros recursos naturais e divisas cambiais a muito usos diferentes, como produção de bens de consumo e serviços públicos ou investimento em infraestrutura, indústria, agricultura, educação e outros setores da economia, de maneira tal que o benefício líquido para a sociedade seja o maior possível. Esses usos diferentes de recursos não constituem o objetivo final do processo de alocação; são apenas os meios pelos quais uma economia pode aplicar seus recursos na busca de objetivos mais fundamentais, como a eliminação da pobreza, a promoção do crescimento e a redução das desigualdades de renda.

O uso de recursos limitados numa direção (por exemplo, investimento em indústrias) reduz os recursos para o uso em outra direção (investimento em agricultura) e vice-versa; a busca de um objetivo (melhor distribuição de renda) pode envolver um sacrifício de outros objetivos (crescimento rápido). Ou seja: se um país escolher, coerentemente, alocações de recursos que consigam o máximo em termos desses objetivos, garantirá o melhor emprego possível dos seus recursos limitados.

O que vale para um país vale para as empresas e demais instituições públicas ou privadas, com ou sem fins lucrativos. De fato, o dia-dia das organizações está impregnado pelos princípios da Escassez e das Necessidades Ilimitadas, ainda que seus gestores muitas vezes não se deem conta disso, administrando os recursos alocados de forma intuitiva, baseada apenas na experiência de vida. Mas, conforme Mcguigan (2002), a aplicação do raciocínio microeconômico ao mundo real tem auxiliado os administradores a tomarem decisões coerentes com as metas das organizações – metas essas que variam conforme a natureza do empreendimento.

A análise de viabilidade econômico-financeira de um empreendimento consiste na escolha entre os usos concorrentes dos recursos de modo conveniente e compreensível. Em essência, avalia os benefícios e os custos de um projeto, reduzindo-os a um denominador comum. Se os benefícios forem superiores aos custos, ambos expressos em termos desse denominador comum, o projeto será aceitável; se não, o projeto deve ser rejeitado (FRIZONE et al., 2005).

Os benefícios são definidos em razão dos seus efeitos sobre os objetivos fundamentais e os custos em relação ao seu custo de oportunidade – definindo-se custo de oportunidade como o benefício de que se abre mão por decidir usar em um projeto os recursos que poderiam ser aplicados em outro. Os benefícios de que se abre mão são, por sua vez, definidos em relação ao seu efeito sobre os objetivos fundamentais. Assim, definidos os custos e benefícios, procura-se assegurar que a aceitação de um projeto signifique que nenhum uso alternativo dos recursos consumidos pelo projeto garanta um resultado melhor segundo a perspectiva dos objetivos perseguidos (FRIZZONE et al., 2005).

A análise econômica de projetos é, na forma, semelhante à análise financeira, pelo fato de ambas avaliarem o lucro do investimento. Entretanto, o conceito de lucro financeiro não é o mesmo que o de lucro social da análise econômica. A análise financeira de um projeto identifica o lucro monetário auferido pela entidade que implanta o projeto; já o lucro social mede o efeito do projeto nos objetivos fundamentais de toda a economia (FRIZZONE et al., 2005).

O objetivo deste capítulo é mostrar aos leitores ferramentas básicas de planejamento e análise econômica *ex-ante* que devem ser utilizadas quando se deseja investir em qualquer empreendimento e especificamente naqueles cujo mercados ainda são incipientes e ainda inexplorados, como é o caso de uma unidade fabril produtora de biocombustíveis sólidos (briquetes e/ou *pellets* energéticos), objeto de estudo desse livro.

Neste caso, é muito importante avaliar inicialmente as vantagens e desvantagens das diferentes fontes energéticas disponíveis, levando-se em conta todos os objetivos do projeto, que não são apenas de ordem financeira, mas também social (gerar ocupação e renda para a população local) e ambiental (reduzir ou acabar com o desmatamento da vegetação nativa). Muitas vezes, os benefícios sociais e ambientais justificam a intervenção de outros atores, como governos e instituições de fomento ao desenvolvimento através de subsídios e outras formas de incentivo à produção para que haja também viabilidade econômico-financeira no empreendimento.

3.2 Plano de negócios: conceitos e características

De cada 10 micro e pequenas empresas (MPEs) brasileiras abertas, 73 permanecem em atividade após os primeiros dois anos de existência. De acordo com o estudo *Taxa de Sobrevivência das Empresas no Brasil*, feito pelo Sebrae, estes são os anos mais críticos para uma empresa. As estatísticas da taxa de mortalidade das empresas de

São Paulo, apontam que a taxa de mortalidade é de 27% para empresas até um ano, 38% para empresas até dois anos, 46% para empresas até três anos, 50% para empresas até quatro anos, 62% para empresas até cinco anos e 64% para empresas até seis anos de atividade (SEBRAE, 2005).

As causas apontadas pelos próprios empreendedores para a quebra precoce das empresas foram pela ordem de importância: falta de capital, 25%; falta de clientes/inadimplência, 19%; falta de planejamento/administração, 11%; problemas particulares, 11%; problemas com os sócios, 9%; problemas legais, 7%; concorrência forte, 6%; falta de lucro, 6%; perda do cliente único, 4%; e impostos/ encargos elevados, 2% (SEBRAE, 2005).

Para entendimento da questão da mortalidade de empresas, torna-se necessário analisar os tipos de empreendedorismo existentes: o primeiro deles é o chamado “empreendedorismo de oportunidade”, no qual o empreendedor visionário sabe onde deseja chegar, pois cria uma empresa com um prévio planejamento, tendo em mente o crescimento escolhido para seu empreendimento, visando à obtenção de um dado nível de lucro, com a criação de um determinado número de empregos e riqueza (DORNELAS, 2005).

Em contrapartida, há o empreendedorismo de necessidade, em que o empreendedor se aventura na empreitada empreendedora mais por falta de opção, devido ao fato de se encontrar sem emprego e não ter alternativa de ocupação e renda. Nesse caso, esses negócios costumam ser informais e acontecem sem o mínimo de planejamento e com a tendência de fecharem as portas pouco depois de iniciadas as atividades. Tais empreendimentos não geram desenvolvimento econômico e sim agravam as estatísticas de criação e mortalidade de empresas (DORNELAS, 2005).

O planejamento consiste em estabelecer com antecedência as ações a serem executadas dentro de cenários e condições preestabelecidos, estimando os recursos a serem utilizados e atribuindo as responsabilidades para atingir os objetivos fixados. Estes objetivos somente poderão ser atingidos se houver um sistema de planejamento adequadamente estruturado (HOJI, 2010).

Dentre os instrumentos do planejamento administrativo, o plano de negócios é aquele responsável pela redução de incertezas (DORNELAS, 2002). Não importa o tamanho do empreendimento ou o ramo de atividade, ele funciona como um teste prévio, um mapa do futuro da empresa que sequer começou a operar.

Alguns estudos abordaram o uso do plano de negócios antes da implantação do negócio e apontaram uma tendência de se encontrar uma menor taxa de

mortalidade para estes empreendimentos em relação a empreendimentos que não adotaram um plano de negócios (EDELMAN; MANOLOVA; BRUSH, 2008). Uma pesquisa realizada com ex-alunos de administração da Harvard Business School apontou que o plano de negócios aumenta em 60% a probabilidade de sucesso nos negócios (DORNELAS, 2005).

Lange et al. (2005) credita um maior sucesso dos empresários que empregaram um plano de negócios ao fato de eles conseguirem ter mais acesso a um volume maior de recursos para iniciar e alavancar o negócio do que aqueles que não utilizam o plano como uma ferramenta para conseguir financiamentos. Além do mais, a elaboração de um plano de negócio envolve a participação de uma equipe de profissionais liberais, geralmente engenheiros, economistas, advogados, contadores, administradores etc. que está apta para a prestação de assistência técnica ou consultoria, definindo de forma clara o modelo de negócio, aumentando as chances de sobrevivência.

Ao se considerar o conceito de planejamento relacionado a negócios, existem pelo menos três fatores críticos que devem ser considerados (DORNELAS, 2005):

- a) Toda empresa precisa de um planejamento de seu negócio com os fins de gerenciamento e de apresentação de sua ideia a investidores, bancos, clientes, parceiros etc;
- b) Toda instituição provedora de financiamento, fundos e de outros recursos financeiros necessita de um plano de negócios da empresa requisitante, de modo a avaliar com precisão os riscos inerentes ao negócio;
- c) Poucos empresários sabem como escrever adequadamente um bom plano de negócios. A maioria deles são micro e pequenos empresários que não possuem os conceitos elementares de planejamento, vendas, *marketing*, fluxo de caixa, ponto de equilíbrio, viabilidade econômico-financeira, projeções de faturamento etc. Quando entendem o conceito, usualmente não conseguem traduzi-lo objetivamente em um plano de negócios.

O plano de negócios é um documento preparado pelo empreendedor em que são descritos todos os elementos externos e internos relevantes que se encontram envolvidos no início de um novo empreendimento (HISRIC; PETERS, 2006). É um documento que contém a caracterização do negócio, sua forma de operar, suas estratégias, seu plano para conquistar uma fatia de mercado e as projeções de despesas, receitas e resultados financeiros (SALIM et al., 2003). Pode ser escrito para atender a alguns objetivos básicos relacionados aos negócios (DORNELAS, 2005):

- a) Testar a viabilidade de um conceito de negócios;
- b) Orientar o desenvolvimento das operações e estratégias;
- c) Atrair recursos financeiros;
- d) Transmitir credibilidade;
- e) Desenvolver a equipe de gestão.

Não existe um modelo ideal para um plano de negócios, seja no tamanho ou na sua estrutura. No entanto, é recomendável que ele seja escrito de acordo com a necessidade do público-alvo. Se o leitor for um analista de negócios de uma instituição financeira ou um investidor, a ênfase será dada à parte financeira; se o objetivo for demonstrar ao parceiro de negócios a viabilidade de um empreendimento, a atenção se voltará para a análise de mercado e para as oportunidades de se ganhar dinheiro; já se o destinatário for uma instituição de fomento ou governamental, o foco será a quantidade de recursos solicitada, com a discriminação de como eles seriam utilizados e os benefícios sociais que o projeto iria propiciar se fosse levado a termo etc. De forma geral, os planos de negócios são direcionados aos seguintes públicos:

- a) Mantenedores das incubadoras (Sebrae, universidades, prefeituras, governo, associações, Global Entrepreneurship Monitor etc.): para solicitar financiamento a estas;
- b) Parceiros: para definição de estratégia e discussão de formas de interação entre as partes;
- c) Bancos: para conceder financiamentos para máquinas e equipamentos, aquisição de imóveis, construção e reforma do empreendimento, capital de giro, modernização, expansão da empresa etc;
- d) Investidores: empresas de capital de risco, pessoas jurídicas, bancos de investimentos, *angels*, BNDES, BNB, governo etc.
- e) Fornecedores: para negociação na compra de mercadorias, matéria-prima e formas de pagamento, culminando com a formação de parcerias;
- f) Uso interno da própria empresa: para comunicação da gerência com o conselho de administração e com os empregados (efetivos e em fase de contratação para motivá-los e facilitar e atração e retenção de talentos);
- g) Os clientes: para venda do produto e/ou serviço e publicidade da empresa, conquistando a credibilidade e confiança e consolidação de uma imagem positiva dos produtos e serviços oferecidos;

- h) Sócios potenciais: para convencimento em participar do empreendimento e formalização da sociedade;
- i) Intermediários, tais como distribuidores e representantes: para inspirar confiança neles e estimulá-los na venda dos produtos e serviços.

Segundo Dornelas (2005), os tipos de planos quanto ao tamanho podem ser os seguintes:

- a) Completo – empregado quando se pleiteia um capital de alto valor ou quando se necessita apresentar uma visão completa do negócio. O documento deve conter de 15 a 40 páginas, sem incluir os anexos;
- b) Resumido – utilizado no caso de se necessitar a apresentação de algumas informações resumidas a um investidor, por exemplo, com o objetivo de chamar sua atenção para que ele lhe requisite um plano de negócios completo. Deve exibir os objetivos macros do negócio, os investimentos, o mercado e o retorno sobre o investimento e focar as informações específicas requisitadas. Geralmente varia de 10 a 15 páginas;
- c) Operacional – é muito importante para ser utilizado internamente na empresa pelos diretores, gerentes e funcionários. É excelente para alinhar os esforços internos em direção aos objetivos estratégicos da organização. Seu tamanho pode ser variável e depende das necessidades específicas de cada empresa em termos de divulgação junto aos funcionários.

Recomenda-se que um plano de negócios qualquer deva ter um mínimo de seções de modo a permitir a compreensão completa do negócio em tela. Tais seções devem ser organizadas de forma a manter uma sequência lógica que permita a qualquer leitor do plano entender como a empresa é organizada, seus objetivos, seus produtos e serviços, seu mercado, sua estratégia de *marketing* e sua situação financeira e a título de exemplo, segue uma estrutura sugerida para pequenas empresas manufatureiras (DORNELAS, 2005):

- a) Capa – é uma das partes mais importantes do plano de negócios, pois é a primeira parte visualizada por quem lê o plano, devendo, portanto, ser feita de maneira limpa e conter as informações necessárias e pertinentes;
- b) Sumário – deve conter o título de cada seção do plano e a respectiva página onde se encontra, bem como os principais assuntos relacionados em cada seção. Isto facilita ao leitor do plano de negócios a encontrar rapidamente o que lhe interessa. Qualquer editor de textos permite

a confecção automática de sumários e tabelas de conteúdo bastante apresentáveis;

- c) Sumário executivo – principal seção do plano de negócios, que fará o leitor decidir se continuará ou não a ler o plano de negócios. Portanto, deve ser escrito com muita atenção e revisado várias vezes, além de conter uma síntese das principais informações que constam no plano. Deve ainda ser dirigido ao público-alvo do plano de negócios e explicitar qual o objetivo do plano de negócios em relação ao leitor (por exemplo, requisição de financiamento junto a bancos, capital de risco, apresentação da empresa para potenciais parceiros ou clientes etc.). O Sumário Executivo deve ser a última seção a ser escrita, pois depende de todas as outras seções do plano para ser elaborada;
- d) Análise estratégica – aqui são definidos os rumos da empresa, sua visão e missão, sua situação atual, as potencialidades e ameaças externas, suas forças e fraquezas, seus objetivos e metas do negócio. Esta seção é na verdade a base para o desenvolvimento e a implantação das demais ações descritas no plano;
- e) Descrição da Empresa – nessa seção deve-se descrever a empresa, seu histórico, crescimento, faturamento dos últimos anos, sua razão social, regime tributário, porte da empresa, estrutura organizacional e legal, localização, parcerias, certificações de qualidade, serviços terceirizados etc.
- f) Produtos e serviços – essa seção do plano de negócios é destinada aos produtos e serviços da empresa: como são produzidos, quais os recursos utilizados, o ciclo de vida, os fatores tecnológicos envolvidos, o processo de pesquisa e desenvolvimento, os principais clientes atuais, se a empresa detém marca e/ou patente de algum produto etc. Nessa seção pode ser incluída, desde que disponível, uma visão do nível de satisfação dos clientes com os produtos e serviços da empresa. Esse *feedback* é bastante importante, porque costuma oferecer não apenas uma visão do nível de qualidade percebida nos produtos e serviços, mas também guiar futuros investimentos da empresa em novos desenvolvimentos e processos de produção;
- g) Plano operacional – essa seção deve apresentar as ações que a empresa está planejando em seu sistema produtivo e o processo de produção. Deve conter informações operacionais atuais e previstas de fatores como: *lead time* do produto ou serviço, percentual de entregas em tempo (*on*

time delivery), rotatividade do inventário, índice de refugo, *lead time* do desenvolvimento de produto ou serviço etc.

- h) Plano de recursos humanos – nele devem ser apresentados os planos de desenvolvimento e treinamento de pessoal da empresa. Essas informações estão diretamente relacionadas com a capacidade de crescimento da empresa, especialmente quando esta atua em um mercado onde a detenção de tecnologia é considerada um fator estratégico de competitividade. Devem ser indicadas as metas de treinamento associadas às ações do Plano Operacional, as metas e treinamento estratégico de longo prazo, não associadas diretamente às ações. Devem ser apresentados também o nível educacional e a experiência dos executivos, gerentes e funcionários operacionais, indicando-se os esforços da empresa na formação de seu pessoal;
- i) Análise de mercado – nesta seção o autor do plano de negócios deve mostrar que os executivos da empresa conhecem muito bem o mercado consumidor do seu produto/serviço (por meio de pesquisa de mercado): como está segmentado, o crescimento desse mercado, as características do consumidor e sua localização, como agir no caso de haver sazonalidade, análise da concorrência, sua participação no mercado e a dos principais concorrentes etc.
- j) Estratégica de *marketing* – deve-se mostrar como a empresa pretende vender seu produto/serviço e conquistar seus clientes, manter o interesse deles e aumentar a demanda. Deve abordar seus métodos de comercialização, diferenciais do produto/serviço para o cliente, política de preços, principais clientes, canais de distribuição e estratégias de promoção/comunicação e publicidade, bem como projeções de vendas;
- k) Plano financeiro – a seção de finanças deve apresentar em números todas as ações planejadas para a empresa e as comprovações, por meio de projeções futuras (quanto necessita de capital, quando e com que propósito) de sucesso do negócio. Deve conter demonstrativos de fluxo de caixa com horizonte de, pelo menos, três anos; balanço patrimonial; análise do ponto de equilíbrio; necessidades de investimentos; demonstrativo de resultados; análise de indicadores financeiros do negócio, como faturamento previsto, margem prevista, prazo de retorno sobre o investimento inicial (*payback*), Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) etc.
- l) Anexos – esta seção deve conter informações adicionais julgadas relevantes para o melhor entendimento do plano de negócios. Por

isso, não tem um limite de páginas ou exigências a serem seguidas. A única informação que não se pode esquecer de incluir é a relação dos *curricula vitae* dos sócios e dirigentes da empresa. Pode-se anexar ainda informações como fotos de produtos, plantas de localização, roteiros e resultados completos das pesquisas de mercado que foram realizadas, material de divulgação do negócio, *folders*, catálogos, estatutos, contrato social da empresa, planilhas financeiras detalhadas etc.

3.3 Plano financeiro

Para a avaliação da viabilidade econômico-financeira de um empreendimento, a ênfase do plano de negócios deve ser dada à parte financeira. Esta deve refletir, em números, tudo o que foi escrito nas outras seções do plano, como investimentos, gastos com *marketing*, despesas com vendas, gastos com pessoal, custos fixos e variáveis, projeção de vendas, análises de rentabilidade do negócio etc. (DORNELAS, 2005).

Negócios não têm consistência se não contiverem um adequado planejamento financeiro integrado num plano de negócios. É preciso que os recursos necessários para a realização de objetivos estejam comprometidos e tenham sido previstos, priorizados, negociados e assegurados junto às suas fontes (SALIM et al., 2004).

Os principais demonstrativos econômico-financeiros a serem apresentados em um plano de negócios são: Balanço Patrimonial, Demonstrativo de Resultados e Demonstrativo de Fluxo de Caixa, todos projetados com um horizonte mínimo de três anos, sendo que o usual abrange cinco anos e no caso do Fluxo de Caixa, o detalhamento deve ser mensal (DORNELAS, 2005).

Para empreendimentos que possuem um tempo de retorno do investimento longo, como no caso de indústrias de portes pequenos e médios, recomenda-se um horizonte de dez anos; em se tratando de megainvestimentos tais como hidrelétricas, siderúrgicas, refinarias, indústrias petroquímicas, indústrias automobilísticas, usinas nucleares, geração de energia solar, aeroportos, portos, negócios de transportes aéreo, aquático, ferroviário ou rodoviário, exploração de rodovias, metrô e pontes etc. a análise pode envolver um tempo de retorno de cinquenta anos ou mais.

Para tornar possível a elaboração de uma análise econômico-financeira *ex-ante* de um empreendimento, é necessário uma correta estimativa dos investimentos a serem feitos.

3.3.1 Investimentos em capital fixo e capital de giro

O capital fixo é composto por elementos com caráter de permanência superior a um ano, que não desaparece num único ciclo de exploração. Excetuando-se as aplicações financeiras de médio e longo prazos, não sujeitas a amortizações, em geral – e ao contrário do capital circulante – o capital fixo de uma entidade vai desaparecendo contabilisticamente à medida que lhe vão sendo aplicadas taxas de depreciação como forma de traduzir o normal desgaste resultante do decorrer do tempo.

Além dos investimentos financeiros, o capital fixo engloba três tipos de imobilizações: corpóreas (ex: terrenos, edifícios, equipamentos básicos, de transporte e administrativos, ferramentas e utensílios etc); incorpóreas (ex: despesas com instalação, com planos de negócios, projetos, direitos de propriedade industrial etc) e imobilizações em curso (ex: obras e adiantamentos relativos a elementos do ativo fixo ainda não completamente executados).

Quanto ao capital de giro, ele representa o *quantum* de dinheiro de que a empresa necessita para movimentar os negócios. Envolve as chamadas contas circulantes da empresa, incluindo os ativos circulantes (ex: caixa, títulos negociáveis, duplicatas a receber e estoques) e passivos circulantes (ex: duplicatas e títulos a pagar, além de despesas provisionadas a pagar, como salários, contas e juros a pagar).

Segundo Chiavenato (2007), como se destinam a cobrir as despesas cotidianas da empresa, os investimentos de capital de giro são sempre efetuados em curto prazo, em um exercício social, que na maioria das empresas corresponde a um ano e podem ser divididos em dois grupos:

- a) Capital de giro bruto – constituído pelos seguintes itens: disponibilidades financeiras (em caixas e em bancos); investimentos temporários; contas a receber e estoque (de matérias-primas e produtos acabados);
- b) Capital de giro líquido – compreende a parte do capital de giro livre de compromissos de curto prazo.

A administração do capital de giro é tão melhor quanto mais ela conseguir garantir um bom nível de capital circulante líquido (CHIAVENATO, 2007).

3.3.2 Custos de produção e fluxo de caixa

Os ativos circulantes que fazem parte do capital fixo da empresa giram até se transformarem em dinheiro, num ciclo de operações que varia de uma empresa para outra, dependendo da natureza de seus negócios. A esse ciclo dá-se o nome

de ciclo de caixa. Para se fazer as previsões e o controle de gastos utiliza-se o fluxo de caixa, uma ferramenta usada para o controle financeiro das firmas (CHIAVENATO, 2007).

O fluxo de caixa permite visualizar todas as entradas e saídas de valores, em um dado período de uma organização. O fluxo de caixa é composto pelos dados obtidos dos controles de contas a pagar, a receber, de vendas, de despesas, de saldos de aplicações, além de todos os outros elementos que representem as movimentações financeiras da firma, permitindo à empresa planejar melhor suas ações futuras ou acompanhar o seu desempenho.

Como entradas no fluxo de caixa de uma fábrica compreendem-se as receitas obtidas com as vendas dos produtos fabricados por ela, os empréstimos bancários, o capital dos sócios e todos os outros valores que vierem a se somar aos ativos circulantes da empresa; são classificados como saídas no fluxo de caixa os pagamentos a fornecedores, salários e encargos dos funcionários, impostos, gastos com matéria-prima e insumos, impostos etc (BERNARDI, 2010).

Para serem viáveis economicamente as firmas precisam maximizar seus resultados na atividade produtiva. Isso pode acontecer de duas formas: através da maximização da produção para um dado custo total ou através da minimização do custo total para uma dada produção. Assim sendo, os Custos Totais de Produção (CT) formam o conjunto das despesas realizadas pela empresa para produzir uma determinada quantidade de produtos. Esses custos são divididos em Custos Fixos Totais (CFT) e Custos Variáveis Totais (CVT) (CHIAVENATO, 2007).

$$CT = CFT + CVT \quad [1]$$

Para que o administrador de uma empresa possa calcular o preço de venda de um produto ou serviço é fundamental que ele calcule o seu Custo Total Unitário (CTU). A partir dele será definida a margem de lucro que será aplicada e, conseqüentemente o preço de venda do produto. O CTU consiste na razão entre o Custo Total de Produção e a quantidade produzida de um bem (Q).

$$CTU = CT/Q \quad [2]$$

Os CFTs são aqueles com os quais a empresa deve arcar para funcionar, independentemente da produção (ex: aluguéis, salários, etc). Os Custos Fixos Totais equivalem à diferença entre os Custos Totais e os Custos Variáveis Totais.

$$CFT = CT - CVT \quad [3]$$

Para saber o quanto cada unidade produzida deve contribuir para pagamento de todos os custos fixos da empresa, é necessário calcular o Custo Fixo Unitário do produto, que é a razão entre os Custos Fixos Totais e a quantidade de bens produzida.

$$CFU = CFT/Q \quad [4]$$

Os CVTs compõem a parcela dos custos totais que estão intimamente ligados à produção e que, por isso, variam conforme o volume produzido. Equivalem à diferença entre os Custos Totais de Produção e os Custos Fixos Totais.

$$CVT = CT - CFC \quad [5]$$

Para saber o quanto cada unidade produzida contribui para a formação de todos os custos variáveis da empresa, é necessário calcular o Custo Variável Unitário do produto, que é a razão entre os Custos Variáveis Totais e a quantidade produzida de bens.

$$CVU = CVT/Q \quad [6]$$

3.4 Análise econômico-financeira de um plano de negócios

O plano de negócios é vital tanto para avaliar previamente a viabilidade mercadológica de uma empresa, quanto para conferir se o empreendimento é compatível ou não com as expectativas e o perfil do empreendedor (GUIA PEGN, 2002). Por sua vez, a análise da viabilidade econômica e financeira de um investimento possibilita a escolha da melhor alternativa de investimento, utilizando métodos de análises específicos, com a consequente otimização dos recursos (HOJI, 2010). Essa análise, inclusive, pode evitar que se invista em um projeto falho ou condenado ao fracasso, evitando-se perdas materiais e pessoais.

A viabilidade econômico-financeira de um projeto de investimentos é verificada através da análise vertical e horizontal dos balanços patrimoniais e demonstrativos de resultado do exercício, bem como através da análise dos índices de liquidez, de estrutura de capital, de lucratividade, de rotação e de rentabilidade, e também dos índices como TIR, VPL, além da determinação do ponto de equilíbrio e do *payback* – ferramentas de análise que permitem a visualização da expectativa de sucesso ou de fracasso de um empreendimento no tempo.

3.4.1 Payback

O *Payback* é uma ferramenta contábil para avaliar os riscos econômicos e financeiros de um determinado investimento. Através dela se poderá saber se haverá ou não recuperação do capital investido e em quanto tempo isso acontecerá. Trata-se enfim do “prazo necessário para que as receitas líquidas de um investimento cubram seu custo”, de acordo com Brigham et al. (2001).

Segundo Braga (1989), quanto maior for o prazo considerado, maior será o grau de incerteza em relação ao investimento, o que significa que propostas com prazos menores encerram menores riscos. Existem duas modalidades de *Payback*:

Para se calcular o *Payback* comum, basta somar os fluxos de caixa líquidos (FCL) estimados para cada ano futuro, até que seja atingido o valor do custo inicial do projeto. Braga (1989) afirma que sendo as entradas líquidas de caixa uniformes, bastará dividir o investimento inicial por elas; mas quando as entradas anuais forem desiguais, para se apurar o prazo de retorno dever-se-á acumulá-las até atingir o valor do investimento.

Já no cálculo do *Payback* Descontado, utilizado nesse estudo, ocorre a correção de uma desvantagem do *Payback* Simples: em vez de ser baseado na soma aritmética dos fluxos de caixa, o Descontado é baseado na soma dos valores presentes dos fluxos de caixa. O prazo para pagamento do capital investido vai variar de acordo com o percentual de desconto considerado, que nada mais é do que a Taxa Mínima de Atratividade que o investidor deseja garantir para a remuneração do capital investido no empreendimento (MOTTA; CALÔBA, 2006). A fórmula do *Payback* Descontado encontra-se descrita abaixo:

$$FCC(t) = I + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1+i)^j}; 1 \leq t \leq n \quad [7]$$

Onde:

- $FCC(t)$ = o valor presente do capital, e o fluxo de caixa descontado (para o valor presente) cumulativo até o tempo t ;
- I = investimento inicial, em módulo, ou seja: $-I$ é o valor algébrico do investimento, localizado no instante zero, que é o início do primeiro período;
- R_j = receita faturada do ano j ;
- C_j = custo obtido do ano j ;
- i = Taxa Mínima de Atratividade estabelecida e

- j = índice genérico que expressa os períodos $j = 1$ a t .

Para Brigham et al. (2001), “um importante empecilho tanto no método de *Payback* comum quanto do descontado é que eles ignoram os fluxos de caixa que são pagos ou recebidos após o período de recuperação do investimento.” De modo que uma análise mais completa exige a utilização de outros métodos, como o do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR).

3.4.2 Valor presente líquido (VPL)

O VPL é considerado um método mais eficaz que o *Payback* para avaliar propostas de investimentos por refletir a riqueza em valores monetários do investimento. Essa riqueza é “medida pela diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa a uma determinada taxa de desconto.” (KASSAI et al., 2000). Segundo Gitman (2001) essa taxa de desconto equivale ao custo do capital da empresa.

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^t} - I = 0 \quad [8]$$

Onde:

- R_j = entradas (receitas) do fluxo de caixa de ordem “ j ”, sendo $j = 1, 2, 3, \dots, n$;
- C_j = saídas (custos) do fluxo de caixa de ordem “ j ”, sendo $j = 1, 2, 3, \dots, n$;
- n = duração total do projeto;
- t = quantidade de tempo, normalmente expresso em anos, que o dinheiro foi investido no projeto, começando no ano 1 quando há efetivamente o primeiro efluxo de dinheiro;
- i = custo do capital de acordo com o que o investidor considera como sendo uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e
- I = investimento inicial.

Se o VPL for positivo, o investimento inicial será coberto pelo projeto, com o desconto da taxa de retorno esperada e gerando ainda riquezas para seus investidores; já o VPL negativo indica que o projeto não irá gerar recursos suficientes para cobrir o capital investindo considerando a taxa de retorno exigida – ou seja, não será viável economicamente.

Para Kassai et al. (2000), apesar de o VPL ser um dos melhores métodos para analisar viabilidade de investimentos, ele possui como ponto negativo a dificuldade de se identificar a taxa de retorno a ser utilizada, fazendo com que ela seja obtida “de forma complexa ou até mesmo subjetiva” .

3.4.3 Taxa interna de retorno (TIR)

Segundo Braga (1989) e Weston e Brigham (2000), a TIR corresponde a uma taxa de desconto que iguala o valor atual das entradas líquidas de caixa ao valor atual dos desembolsos relativos ao investimento líquido. Ao igualar o valor presente dos fluxos de entradas de caixa com o investimento inicial de um projeto, a TIR faz com que o VPL seja igual a zero (GITMAN, 2001).

Para esses autores, a TIR é dos métodos de avaliação mais utilizados e sofisticados para avaliação de projetos de investimento, necessitando inclusive de calculadora financeira, planilhas eletrônicas ou um *software* específico.

$$TIR = \sum_{j=0}^n \frac{FG}{(1+i)^T} = 0 \quad [9]$$

Onde:

- FC_j = o fluxo de caixa no instante j ;
- n = duração total do projeto;
- j = número de períodos de capitalização, geralmente expresso em anos e
- i = taxa de juros (Taxa Mínima de Atratividade) que torna o $VPL = 0$

Segundo Kassai et al. (2000), para ser considerado economicamente atraente, o investimento deve apresentar uma TIR maior ou igual à Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Essa TMA pode corresponder ao custo de capital da empresa, cabendo ao investidor essa decisão.

Kassai et al. (2000) também alerta para os cuidados que se deve ter na utilização da TIR, como: (i) uma interpretação errônea de seu resultado quando a taxa é utilizada nos cálculos nos quais os fluxos de caixa são ora negativos, ora positivos; e (ii) a possibilidade de haver mais de um resultado possível ou de sequer haver resultado quando o fluxo de caixa do projeto não for convencional. Nesse caso, a TIR não deve ser usada como método de avaliação do retorno do investimento, uma vez que não será possível se chegar a uma conclusão sobre a sua viabilidade.

3.4.4 Ponto de equilíbrio financeiro

Ponto de Equilíbrio Financeiro (PEF) é o ponto neutro de resultado, expresso em quantidade de produtos ou em equivalente em dinheiro, abaixo do qual uma empresa terá prejuízo e, acima, lucro. Também chamado de “ponto de ruptura ou *Break-even-point*”, o PEF é a conjugação dos custos totais com as receitas totais (MARTINS, 2000) e para obtê-lo aplica-se a seguinte fórmula:

$$\text{PEF} = (\text{CF} + \text{DF}) / \text{MCU} \quad [10]$$

Onde:

- CF são os custos fixos;
- DF são as despesas fixas e
- MCU é a Margem de Contribuição Unitária

Por sua vez, a Margem de Contribuição Unitária é a diferença entre a receita obtida com as vendas e os custos e despesas variáveis de cada produto. O objetivo é mostrar como cada unidade fabricada contribui para amortizar os gastos fixos para, só depois, formar o lucro (MARTINS, 2000).

$$\text{MCU} = \text{PV} - \text{CV} \quad [11]$$

Onde:

- PV é o Preço de Venda e
- CV são os Custos Variáveis Totais

A obtenção do PEF é relevante para o planejamento das operações de qualquer empreendimento. Com a informação sobre o mínimo a ser produzido e vendido para cobrir os custos fixos da fábrica é possível estabelecer metas de produção e venda de modo a evitar prejuízos cumulativamente.

3.5 Uso de *software* para elaborar um plano de negócios

Existem inúmeros *softwares* que permitem a elaboração de plano de negócios, principalmente os de origem americana. Uma das desvantagens do uso de programa de computador para se criar planos de negócios é a falta de flexibilidade, uma vez que eles possuem uma estrutura rígida que não podemos alterar. Em compensação, eles são muito práticos e fáceis de manipular e uma de suas maiores vantagens é a elaboração das planilhas e tabelas financeiras com muita facilidade. Eis alguns desses *softwares*:

- BizPlan Builder Professional, disponível em: <<http://business-plan-software-review.toptenreviews.com/bizplan-builder-review.html>>;
- Bizplan – Online Business Plan Software, disponível em: <http://www.bizplan.com/?utm_source=toptenreview&utm_medium=link&utm_campaign=review>;
- Business in a Box, disponível em: <<http://www.biztree.com/products/business-in-a-box/features.aspx>>;
- Business Plan Pro, disponível em: http://www.paloalto.com/business_plan_software>;
- Business Plan Software, disponível em: <http://www.brs-inc.com/business_plan.asp>;
- ABS - Business Plan Software, disponível em: <http://www.abs-usa.com/business-plan-software/overview?WT.mc_id=RS21>;
- Business PlanMaker Professional Deluxe 2009, disponível em: <<http://business-plan-software-review.toptenreviews.com/business-planmaker-professional-deluxe-review.html>>;
- Programa para elaborar plano de negócios do Sebrae-MG, disponível em: <<http://www.sebraemg.com.br/atendimento/bibliotecadigital/documento/Software/Software-Plano-de-Negocio-20#>>;
- Empreenda, outro software nacional. Disponível em: <<http://www.empreendacomsucesso.com.br/empreenda/>>;
- MakeMoney é um dos poucos softwares brasileiros, disponível em: <www.starta.com.br>;
- Portal especializado em empreendedorismo e plano de negócios, disponível em: <<http://www.planodenegocios.com.br/>>.
- Profit, programa para elaboração de plano de negócios. Disponível em: <<http://www.profit-pn.com.br/>>;
- SPPLAN, programa para elaborar plano de negócios, disponibilizado pelo Sebrae em: <http://antigo.sp.sebrae.com.br/novo/spplan/software.asp?site_origem=sebrae>.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATEMAN, T. S.; SNELL, S. A. **Administração**: construindo vantagem competitiva. São Paulo: Atlas, 1998.
- BERNARDI, L. A. **Manual de plano de negócios**: fundamentos, processos e estruturação. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BRAGA, R. **Fundamentos e técnicas de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 1989.
- BRIGHAM, E. F. et al. **Administração financeira**: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2001.
- CARAVANTES, G.; PANNO, C.; KLOECKNER, M. **Administração**: teorias e processo. São Paulo: Ed. Pearson Prentice Hall, 2005.
- CHIAVENATO, I. **Empreendedorismo**: dando asas ao espírito empreendedor. São Paulo: Editora Saraiva, 2007.
- DORNELAS, J. C. A. **Planejando incubadoras de empresas**: como desenvolver plano de negócios para incubadoras. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002.
- DORNELAS, J. C. A. **Empreendedorismo**: transformando idéias em negócios. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2005.
- EDELMAN, L. F.; MANOLOVA, T. S.; BRUSH, C. G. Entrepreneurship education: correspondence between practices of nascent entrepreneurs and textbook prescription for success. **Academy of Management, Learning & Education**, v. 7, n. 1, 2008.
- FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUZA, J. L. M. & ZOCOLER, J.L. **Planejamento de irrigação: Análise de decisão de investimento**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.
- GUIA PEGN: como montar seu próprio negócio. Rio de Janeiro: Editora Globo, 2002.
- GUIMARÃES, T. de A.; MENDES, P. J. V. M. Estrutura organizacional: um estudo exploratório a respeito dos componentes administrativo e de supervisão. In: **Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração**. 22., 1998, Foz de Iguaçu. **Anais...** [Rio de Janeiro]: ANPAD, 1998.
- GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- HISRIC, R. D.; PETERS, M. P. **Empreendedorismo**. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- HOJI, M. **Administração financeira e orçamentária**: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- KASSAI, J. C. et. al. **Retorno de investimento**: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- KWASNICKA, E. L. **Introdução à administração**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

LACOMBE, F.; HEILBORN, Gilberto. **Administração**: princípios e tendências. 2. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.

LANGE, J. et al. Business plans make no difference in the real world: a study of 354 startups. In: **Babson College Entrepreneurship Research Conference**. 2005, Wellesly. *papers*: Wellesly: SSRN, 2006.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à administração**. 6. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2007.

MCGUIGAN, James R.; MOYER, R. Charles; HARRIS, Frederick H. de B. **Economia de Empresas**. São Paulo: Thomson, 2002.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G.M. **Análise de investimentos**: tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: Atlas, 2006.

RISK, E. N. V. de M.; TERESO, M. J. A. **A administração na linha do tempo**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2011.

SALIM, C. S.; HOCHMAN, N.; SALIM, H.; MARIANO, S. **Construindo planos de negócios**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2003.

SALIM, C. S.; NASAJON, C.; RAMAL, A. C.; RAMAL, S. A. **Administração empreendedora**: teoria e prática usando o estudo de casos. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2004.

SEBRAE. **10 Anos de monitoramento da sobrevivência e mortalidade de empresas**. São Paulo, 2005. Disponível em: http://www.sebraesp.com.br/arquivos_site/biblioteca/EstudosPesquisas/mortalidade/livro_10_anos_mortalidade.pdf%20%20. Acesso em: 07 jul. 2013.

WESTON, F. J.; BRINGHAM, E. F. **Fundamentos de administração financeira**. 10. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

Caracterização dos Municípios do Baixo-Açu

Marilia Amaral de Moura Estevão Tavares

Sílvia Roberto de Lucena Tavares

Ivan Targino Moreira

4.1 Delimitação geográfica do Baixo-Açu potiguar

4.2 Aspectos físicos

4.3 Uso da terra

4.4 Aspectos demográficos

4.5 Economia

RESUMO

A região do Baixo-Açu é composta por nove municípios localizados no baixo curso do rio Piranhas-Açu, perenizado nos anos 80 com a construção da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves. A obra levou segurança hídrica à região e permitiu a instalação de projetos agroindustriais de fruticultura irrigada. Além desta atividade, a região é produtora de petróleo e gás, sal e camarão em cativeiro. Neste capítulo será feita uma descrição das características físicas e econômicas da região, utilizando a base de dados do IBGE (censos demográfico de 2000 e 2010 e censos agropecuários de 1996 e 2000).

4.1 Delimitação geográfica do Baixo-Açu potiguar

Não existe entre as classificações territoriais oficiais do Rio Grande do Norte uma “região do Baixo-Açu”. No entanto, é assim que é chamada a área que engloba os nove municípios localizados às margens do baixo curso do Rio Piranhas-Açu (Assú,¹⁵ Afonso Bezerra, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Ipanguaçu, Itajá, Macau, Pendências e Porto do Mangue). Eles compartilham um espaço físico contínuo de 4.670,29 km², localizado na porção centro-norte do estado (Figura 4.1).



Figura 4.1 – Mapa do Rio Grande do Norte.

Fonte: adaptado de Idema (2002).

Como se pode observar na Figura 4.1 e na Tabela 4.1, os maiores municípios da região são: Assú, Macau, Afonso Bezerra e Carnaubais.

Tabela 4.1 – Área dos municípios do Baixo-Açu.

MUNICÍPIOS	ÁREA (km ²)
Assú	1.303,442
Afonso Bezerra	576,180
Alto do Rodrigues	191,334
Carnaubais	545,530
Ipanguaçu	374,247
Itajá	203,622
Macau	788,036
Pendências	419,137
Porto do Mangue	318,968
TOTAL	4.717,49

Fonte: adaptado de IBGE (2012).

¹⁵ Açú é uma palavra de origem tupi-guarani, que significa vasto, volumoso. Além de ser o nome do principal rio que banha a região, é o nome de seu maior município. Mas, a prefeitura do município decidiu consagrar a grafia popular do nome do município registrando-o com dois s e acento agudo no u (Assú), forma que, por ser oficial, será adotada nessa obra.

4.2 Aspectos físicos

4.2.1 Hidrografia

A Bacia do Rio Piranhas-Açu (Figura 4.2) é responsável por 78% do potencial hídrico acumulado do estado, com mais de 1.000 açudes, com volume total de armazenamento de 3,16 bilhões de m³(SANTOS et al., 2005). A formação geomorfológica que predomina na bacia é formada por solos rasos formados sobre um substrato cristalino, com baixa capacidade de armazenamento de água, o que explica o caráter intermitente dos rios da região, incluindo o do Piranhas-Açu, o maior deles, no seu estado natural, antes da construção das Barragens de Coremas-Mãe d'Água, na Paraíba (1,360 bilhões de m³ e vazão regularizada de 9,5 m³/s) e Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte (2,400 bilhões de m³ e vazão regularizada de 17,8 m³/s), esta última concluída em 1983. A perenidade do fluxo do Rio Piranhas-Açu é assegurada por esses reservatórios de regularização construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), conhecidos na região como Sistema Curema-Açu.

O Rio Açu nasce na serra do Piancó-PB com o nome de Rio Piranhas, no extremo oeste do Estado da Paraíba e corta o centro do território potiguar, onde muda de nome e deságua nas proximidades do município de Macau-RN. No seu percurso, a bacia abrange completa ou parcialmente 102 municípios paraibanos e 45 potiguares, numa área total de 43.756 Km², dos quais 17.785 Km² (40% em relação ao total da área da bacia e 32,8% do território estadual) em território potiguar (SANTOS et al., 2005). Aproximadamente 1.500.000 pessoas vivem nesta bacia, sendo dois terços no Estado da Paraíba e um terço desses habitantes no Estado do Rio Grande do Norte.

Com capacidade de armazenamento de 2,4 bilhões de m³, o açude da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves garante segurança hídrica a 18 municípios e 81 comunidades rurais, num total de 339.224 pessoas de diferentes regiões do Rio Grande do Norte, através da rede formada por quatro grandes adutoras (SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS, 2012). É da barragem que sai também a água que percorre os canais que asseguram a irrigação de terras férteis utilizadas sobretudo no cultivo em larga escala de frutas tropicais.

O principal afluente do rio Açu na região é o rio Pataxó, no município de Ipangaçu, também perenizado com a construção do canal de mesmo nome. O Canal do Pataxó foi criado para transportar as águas da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves sem necessidade de bombeamento, através da elevação do nível da água a montante e

do desnível existente ao longo do percurso. A obra possibilitou o aumento da área irrigada do estado em mais 2.500 hectares.



Figura 4.2 – Bacia do Rio Piranhas-Açu.

Fonte: adaptado de Secretaria de Estado de Recursos Hídricos (2005).

4.2.2 Clima

Como em todo o interior do estado e parte do litoral norte, os nove municípios do Baixo-Açu apresentam clima tropical quente seco (semiárido), com temperatura média de 27,5°, sendo a máxima de 33,6° e a mínima de 21,5°C. Normalmente, a estação chuvosa começa em janeiro, concentrando 94,2% das chuvas até o mês de julho. Segundo a Classificação Climática de Köppen há uma predominância em toda a extensão da bacia do clima tipo **BSw'h'**, caracterizado por ser muito quente e semiárido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono. O período mais chuvoso do ano vai de março a maio (66,6% da precipitação total). Já o trimestre mais seco do ano vai de setembro a novembro, com apenas 8,3 mm em média (DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS, 2012). As precipitações anuais se situam entre 400 e 800 mm, com alternâncias de anos com chuvas regulares e outros de chuvas escassas, ocasionando secas ocasionais.

As altas taxas de evapotranspiração, que podem chegar a mais de 2000 mm/ano, acabam provocando um *déficit* hídrico significativo (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-ARÇU, 2012). A insolação média anual é da ordem de 2.960 horas de sol por ano. O período de agosto a novembro é o que recebe maior insolação, com 38,2% do total da insolação média anual. Os ventos sopram com velocidade média entre 3,3 m/s em março e 6,4m/s em agosto.

4.2.3 Geomorfologia

Segundo o Relatório Síntese do Plano Estadual de Recursos Hídricos (SECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS, 1998), a bacia do Piranhas-Açu no território potiguar apresenta as seguintes unidades geomorfológicas:

- a) Na porção centro-sul da bacia predomina a unidade geomorfológica Depressão Sertaneja, caracterizada, predominantemente, por formas de relevo tabulares amplas e pouco aprofundadas. Subordinadamente, ocorrem relevos convexos e formas aguçadas;
- b) Ocupando a porção sudeste da bacia, ocorre a unidade Planalto da Borborema, constituída por um misto de formas aguçadas, convexas e tabulares, encimadas por notáveis ocorrência de topos amplos, com presença de sedimentos terciários, formando superfícies tabulares erosivas;
- c) No setor norte da bacia, observa-se a Superfície Cárstica e os Tabuleiros Costeiros, compostos por relevos tabulares amplos e poucos dissecados e por superfície pediplanada;
- d) Na foz do Rio Açu, nota-se uma ampla planície fluviomarinha que constitui a Faixa Litorânea.

4.2.4 Geologia

Nas porções centro-sul e sudeste da bacia, predominam rochas cristalinas pré-cambrianas, relacionadas aos complexos Caicó, São Vicente e Seridó, com intrusões de rochas plutônicas e filonianas. No sudeste, destaca-se ainda, a ocorrência de duas grandes manchas, constituídas por arenitos caulínísticos, arenitos ferruginosos e lateritas, relacionadas à formação Serra do Martins, do terciário, recobrendo terrenos do embasamento Pré-Cambriano.

Na parte norte, menos representativa em área que na bacia Apodi-Mossoró, ocorrem calcários da Formação Jandaíra e arenitos da Formação Açu e Grupo Barreiras.

A planície fluviomarinha, que constitui o renomado Vale do Açu, é constituída por sedimentos quaternários (SECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS, 1998).

4.2.5 Relevo e Solos

A região do Baixo-Açu está assentada sobre um relevo de planícies fluviomarinhas. A Planície Costeira ocupa uma estreita e extensa franja ao longo do litoral potiguar,

entre a linha da costa e os tabuleiros costeiros, abrangendo os municípios de Macau e Porto do Mangue. Além da planície marinha, a região conta com vastas planícies de inundação nos cursos médio e baixo do rio Piranhas-Açu. São áreas com boa fertilidade natural, utilizadas para a fruticultura e agricultura de subsistência, principalmente nos municípios de Assú, Ipanguaçu, Carnaubais e Alto do Rodrigues (PFALTZGRAFF; TORRES, 2010).

Assim como a planície costeira, os tabuleiros costeiros também são divididos em duas seções principais – uma voltada para o litoral leste e outra para o litoral norte. Os tabuleiros costeiros do litoral norte na região do Baixo-Açu estão embasados em rochas sedimentares dos grupos Barreiras e Tibau, e pelos calcários e calcarenitos da Formação Jandaíra. Predominam solos espessos, arenosos e de baixa fertilidade natural (PFALTZGRAFF; TORRES, 2010).

Verifica-se também a presença de baixos platôs com solos espessos e bem drenados, com baixa susceptibilidade à erosão. São solos de alta fertilidade natural e elevado potencial agrícola por causa do domínio de rochas carbonáticas. Muitas das superfícies desses platôs foram ocupadas pela fruticultura irrigada (PFALTZGRAFF; TORRES, 2010).

É muito importante analisar os principais fatores ambientais para produção agropecuária e florestal (principalmente os solos, o clima e os recursos hídricos) em qualquer dimensão geográfica; seja um país, um estado, uma bacia hidrográfica, uma microbacia etc., para que se tenha um verdadeiro conhecimento e conscientização das potencialidades do melhor e mais racional uso da terra desse recorte geográfico. Afinal, se o verdadeiro objetivo é o desenvolvimento econômico sustentável da região do Baixo-Açu quanto aos seus recursos naturais, diversas alternativas precisam ser muito bem estudadas à luz da ciência e tecnologias disponíveis.

Como se observa na região, as principais limitações ao estabelecimento de uma agropecuária moderna e outras atividades econômicas lucrativas, esbarram nas limitações do binômio solo/água. Para isso, a interpretação de levantamento de solos é uma tarefa de mais alta relevância para a utilização racional desse recurso natural na agricultura e em outros setores que utilizam o solo como elemento integrante de suas atividades (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

Sendo assim, de acordo com o relatório HE-1358-R03-0397 (SECRETARIA DE ESTADO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1998), a bacia do Rio Piranhas-Açu no Rio Grande do Norte apresenta nas unidades de mapeamento que constituem o mapa pedológico (E – 1:500.000) a dominância das classes de solos relacionadas na tabela 4.2, que é apresentada junto com as respectivas áreas e os percentuais de suas distribuições na superfície da bacia:

Tabela 4.2 – Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu no RN.

CLASSIFICAÇÃO ANTIGA	CLASSES DE SOLOS		ÁREA KM ²	%
	CLASSIFICAÇÃO ATUAL			
Bruno não cálcico	Luvissolo crômico		6.136,9	35,1
Solos litólicos eutróficos	Neossolo litólico		5.080,0	29,0
Solonetz solidizado	Planossolo nátrico		1.304,9	7,5
Cambissolo eutrófico	Cambissolo háplico eutrófico		976,4	5,5
Latossolo vermelho-amarelo eutróf.	Latossolo vermelho amarelo eutróf.		886,9	5,0
Latossolo amarelo distrófico	Latossolo amarelo distrófico		884,5	5,0
Podzólicovermelho-amarelo eutróf.	Argissolo vermelho amarelo eutróf.		449,3	2,5
Solos aluviais eutróficos	Neossolos flúvicos		392,5	2,2
Solonchack sódico	Gleissolo sálico sódicos		307,5	1,8
	Outras classes		87,6	0,7
	Lagoas/açudes		992,0	5,7
	TOTAL		17.498,5	100,0

Fonte: adaptado de Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2013).

Como pode ser observado na tabela 4.2, independente do fator água (natural ou provida de irrigação), somente em relação aos solos com grandes limitações ao uso agrícola (neossolo litólico, planossolo nátrico e gleissolo sálico sódico); quer seja por fatores como: elevado conteúdo de sais, lenta permeabilidade, elevada pegajosidade e plasticidade, além de um alto grau de compactação ou baixo desenvolvimento genético, mais de um terço (38,3%) dos solos da área da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu são impróprios para a maioria das atividades agropecuárias. Se forem acrescidas as áreas ocupadas com lagoas e açudes, esse percentual de áreas destinado na sua grande maioria à preservação permanente sobe para 44% da área da bacia.

A jusante da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, onde a bacia é classificada como Baixo-Açu, concentram-se os melhores solos da bacia potiguar do Rio Açu para fins de uso agropecuário (luvisolo crômico, cambissolo háplico eutrófico, latossolo vermelho amarelo eutrófico, latossolo amarelo distrófico, argissolo vermelho amarelo eutrófico e neossolos flúvicos).

Em termos de distribuição espacial dos tipos de solos, observa-se que os neossolos flúvicos estão presentes nos municípios de Assú, Ipanguaçu, Itajá e Alto do Rodrigues; os latossolos vermelho-amarelos, em Assú, Ipanguaçu e Pendências; os neossolos regolíticos são encontrados em Assú, Itajá e Ipanguaçu; os cambissolos em Alto do Rodrigues, Ipanguaçu e Pendências; os gleissolos sálicos em Alto do Rodrigues e Pendências. Registra-se também a ocorrência de planossolos nátricos em Assú e Afonso Bezerra; de neossolos quartzarênicos em Macau e Pendências; de neossolos quartzarênicos órticos em Macau e Porto do Mangue, além de pequenas áreas de argissolos vermelho-amarelos eutróficos em Afonso Bezerra, Macau e Pendências (SANTOS et al., 2006).

Dos neossolos flúvicos é retirado o tipo de argila com maior valor econômico por sua plasticidade e baixa absorção de água, boa conformação e resistência mecânica (SANTOS et al., 2006). Esses solos são ideais para a produção de cerâmica vermelha ou estrutural e, ainda que em menor proporção, para a produção de cerâmica de base branca e de revestimento, fazendo do Baixo-Açu um importante polo ceramista do estado, atrás apenas do Seridó (PFALTZGRAFF; TORRES, 2010).

4.2.6 Vegetação

A vegetação que predomina na região é a Caatinga, típica do semiárido nordestino (Figura 4.3). Apesar de significar “mata branca”, em tupi-guarani, pela aparência esbranquiçada que adquire no período de seca (de julho a dezembro), e se

referir a plantas com características adaptativas à deficiência hídrica (caducifólia, suculência, acúleos, espinhos, feição arbustiva ou arbórea de pequeno porte, etc), atualmente a Caatinga é considerada como sendo um bioma, para o qual utilizamos o conceito abaixo:

Conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria. (IBGE, 2004)

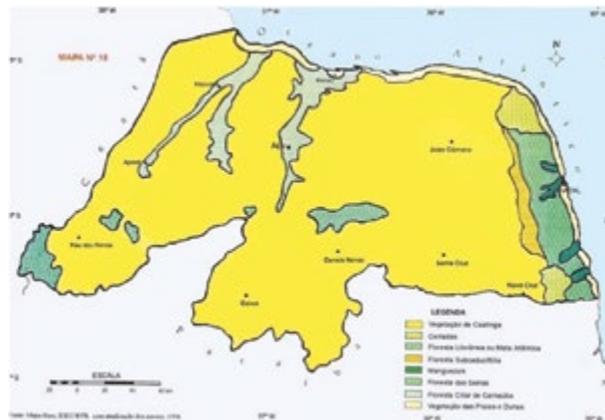


Figura 4.3 – Tipos de vegetação do Rio Grande do Norte.

Fonte: Alves e Carvalho, 2001.

Dentre as espécies vegetais da caatinga, verifica-se o predomínio da savana-estépica arbórea (caatinga arbustivo-arbórea). As espécies vegetais mais comuns são a catingueira, a baraúna, a faveleira, a jurema, o marmeleiro, o pereiro, o juazeiro, além das tradicionais cactáceas, como xiquexique, mandacaru e facheiro (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU, 2012).

Nas margens dos rios é comum a ocorrência de árvores como a caraibeira e a oiticica. Já as baixadas mais úmidas e as várzeas dos rios que compõem a Bacia Piranhas-Açu são ocupadas pela Floresta Ciliar com Carnaúba, em especial no município de Carnaubais, onde se concentra a maior população de cocais (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU, 2012). A foz do rio Piranhas-Açu, na altura dos municípios de Macau e Porto do Mangue, é ocupada também por uma pequena faixa de manguezal, explorada para a criação de camarão em cativeiro.

De uma forma geral, a cobertura vegetal da bacia em sua maior parte se encontra bastante antropizada. Ali, fica evidente o alto grau de dependência social e econômica

que o estado tem da exploração dos recursos florestais para o desenvolvimento das atividades industriais e domésticas. Infelizmente, não se tem informação alguma que o Estado do Rio Grande do Norte possui alguma área expressiva de plantio de floresta para qualquer fim. Como se verá mais adiante, a biomassa oriunda da Caatinga é a principal fonte de energia para as indústrias locais, em especial para aquelas que compõem o parque ceramista lá instalado.



Figura 4.4 – Caatinga hiperxerófila, Baixo-Açu, RN.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.



Figura 4.5 – Floresta ciliar com carnaúba.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.



Figura 4.6 – Floresta com carnaúbas depois do corte para a produção de cera, Baixo-Açu, RN.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

4.3 Uso da terra

De acordo com os dados do Censo Agropecuário de 2006 do IBGE, os estabelecimentos agropecuários do Baixo-Açu ocupam uma área de 156.312 hectares, que correspondem a 4,9% da área dos estabelecimentos agropecuários do Rio Grande do Norte. O maior número de propriedades está em Afonso Bezerra, mas a área dedicada à agricultura e pecuária é mais extensa em Assú.

A comparação entre os números dos Censos Agropecuários de 1995/96 e 2006 expostos na Tabela 4.3 evidencia uma redução de área dos estabelecimentos agropecuários na região do Baixo-Açu em torno de 15%.

O percentual de terras inaproveitáveis ocupadas por pântanos, areais e pedreiras também sofreu uma redução de 27,85% no Baixo-Açu, passando a representar 2,43% da área total dos estabelecimentos agropecuários da região.

Tabela 4.3 – Uso de terras nos municípios do Baixo-Açu (1995/2006).

UTILIZAÇÃO DAS TERRAS	ESTABELECIMENTOS AGROPECUÁRIOS (HECTARES)		ESTABELECIMENTOS AGROPECUÁRIOS (%L)	
	1996	2006	1996	2006
Total	184.707	156.312	100,00	100,00
Lavouras permanentes	5.786	13.287	3,13	8,50
Lavouras temporárias	15.050	14.215	8,15	9,09
Pastagens naturais	46.023	82.174	24,92	52,57
Pastagens plantadas	767	1.265	0,42	0,81
Aquicultura	*	3.091	*	1,98
Matas naturais	68.169	27.148	36,90	17,37
Matas plantadas	92	2070	0,05	1,32
Terras inaproveitáveis	5.257	3.793	2,84	2,43
Terras degradadas	*	1.222	*	0,78

Nota: (*) Dado não disponível no Censo Agropecuário de 1996.

Fonte: adaptado de Censo Agropecuário (IBGE, 1996–2000).

De uma forma geral, o uso de terras nos nove municípios estudados é resumido nos tópicos a seguir:

4.3.1 Lavoura

No último período intercensitário (1995/96 – 2006) houve uma redução da área de lavoura temporária, mas um crescimento expressivo (quase 150%) da área ocupada

com culturas permanentes. Mesmo assim, a lavoura temporária ainda prevalece sobre a permanente, ocupando quase o dobro do seu espaço. De acordo com as Pesquisas Agrícolas Municipais de 2000 e 2010, o feijão e o milho predominam entre as culturas temporárias, em todos os nove municípios pesquisados.

As pesquisas revelam também a perda de terreno das culturas de algodão¹⁶ na região. Em Afonso Bezerra, a área plantada passou de 1000 ha para nenhum hectare no período; em Assú e Alto do Rodrigues também não houve plantio de algodão no ano de 2010. Só há registros de áreas plantadas nesse ano dessa cultura nos municípios de Ipanguaçu e Carnaubais.

Já entre as culturas permanentes, destaca-se a fruticultura irrigada. O estado contribuiu, em 2011, com 48% da receita total de exportação, ocupando o quarto lugar na exportação de banana, manga, mamão, castanha de caju, atrás do Ceará, Pernambuco e Bahia. A maior parte dessas frutas é produzida na região do Baixo-Açu, em especial a banana e tem um peso relevante nas exportações do estado, tendo contribuído, em 2011, com 48% da receita total de exportação do estado (CAVALCANTI, 2012). Outro tipo de cultura permanente importante no Baixo-Açu é a de espécies forrageiras, para alimentação animal.

4.3.2 Pecuária

Os dados da Produção Pecuária Municipal relativos aos anos de 2000 e 2010 revelam um aumento da pecuária não só no Rio Grande do Norte em relação ao Nordeste como nos nove municípios estudados em relação ao estado. O incremento da atividade pecuária se reflete no aumento considerável na área de pastagens naturais (78,54%) e plantadas (64,93%), conforme mostra a Tabela 4.3.

Se considerarmos a região do Baixo-Açu como um todo, houve um aumento do número de cabeças dos três principais rebanhos (bovinos, caprinos e ovinos) e uma redução de 9% do rebanho de aves rebanho durante o período estudado (Tabela 4.4). Apesar de o rebanho de caprinos ter registrado o maior aumento dentre todos os demais no período (57%), ele ocupa o terceiro lugar em número de cabeças na região (32.882). Os dois maiores rebanhos são o bovino, com 54.195 cabeças, seguido pelo de ovinos, com 41.053 cabeças.

A criação de gado na região se dá de forma extensiva, na grande maioria das propriedades. Mais da metade da área dos estabelecimentos (53,37%) é ocupada por pastagens, mas as plantadas não passam de 0,81% do total (Tabela 4.3).

¹⁶ O algodão era a principal cultura de toda a região semiárida potiguar até o ano de 1983, quando sofreu o ataque da praga do bicudo, que praticamente dizimou a cotonicultura no estado (SOUZA, 1999).

Tabela 4.4 – Efetivo dos principais rebanhos do NE, RN e do Baixo-Açu 2000–2010.

ESPECIFICAÇÃO	BOVINOS		CAPRINOS		OVINOS		AVES	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
NE	112.611.466	139.450.997	8.741.488	8.458.578	7.762.475	9.857.754	112.611.466	139.451.997
RN	803.948	1.064.575.	325.031	405.983	389.706	583.661	3.915.597	4.609.958
Baixo-Açu	37.931	54.195	20.841	32.882	29.086	41.053	43.467	39.583
Assú	9.929	18.692	7.782	9.781	5.841	16.331	17.841	17.728
A. Bezerra	4.675	4.351	3.446	8.596	2.144	4.026	3.631	3.428
A.do Rodrigues	3.636	2.876	1.467	859	3.017	1.573	3.435	2.547
Carnaubais	5.198	6.082	1.254	1.754	4.373	3.974	4.746	3.431
Ipanguaçu	6.498	10.843	2.133	3.531	4.913	6.248	4.564	3.938
Itajá	917	1.635	827	2.003	662	2.504	2.504	2.380
Macau	651	2.587	2.230	3.085	2.514	2.053	3.419	3.119
Pendências	5.538	5.395	1.601	2.389	5.277	2.906	3.073	2.422
P. do Mangue	889	1.734	101	884	345	1.438	254	590

Fonte: adaptado de Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2000–2010).

4.3.3 Aquicultura (carcinicultura e piscicultura)

O Nordeste, em especial o Rio Grande do Norte, oferece condições excepcionais para a criação e produção de camarão em cativeiro: temperatura média anual de 27 °C, salinidade adequada, insolação elevada, água rica em alimentos provenientes dos manguezais, terras impermeáveis e planas e ventilação apropriada. Esses fatores têm impulsionado a carcinicultura e a piscicultura da região (SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, 2002).

Dos 1400 produtores de camarão em cativeiro do País, 550 estão no Rio Grande do Norte. Na região do Baixo-Açu, os municípios que produzem o crustáceo são Itajá, Assú, Pendências, Macau e Porto do Mangue. Eles fazem parte, com mais cinco municípios, do Território Açu – Mossoró da Pesca e Aquicultura, que abrange as bacias dos rios Piranhas-Açu e Mossoró. Apesar da tradição do estado nessa atividade, as enchentes de 2004, 2008 e 2009 castigaram duramente os viveiros dos municípios produtores, fazendo com que o Rio Grande do Norte perdesse o primeiro lugar na produção de camarão cultivado para o Ceará, em 2006 (SANTOS, 2012).

4.3.4 Matas e florestas

As matas e florestas ocupam 18,17% da área dos estabelecimentos localizados no Baixo-Açu (Tabela 4.3), sobretudo no Município de Carnaubais, onde estão localizadas 32% da vegetação nativa da região. Mas é em Porto do Mangue que se encontra o maior número de Áreas de Preservação Permanente (APPs), que são hectares de matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal. As matas e florestas plantadas ocupam apenas 0,8% da área dos estabelecimentos e estão concentradas principalmente no Município de Ipanguaçu.

Um dado que merece destaque na comparação entre os censos de 1995/96 e 2006 é a redução de 60% das áreas ocupadas por matas e florestas naturais do Bioma Caatinga no Baixo-Açu – o dobro da redução verificada nas matas e florestas naturais do Rio Grande do Norte como um todo (Tabela 4.3). A região faz parte dos 38,5% de áreas incluídas na categoria grave de ocorrência de desertificação (IDEMA, 2004).

A redução das matas nativas do Baixo-Açu está associada ao desmatamento para transformação de grandes áreas em pasto para a pecuária extensiva, ao crescimento da fruticultura irrigada e à extração de espécies vegetais lenhosas para atender às necessidades energéticas de indústrias que dependem da lenha e do carvão vegetal para produzir (cerâmicas, panificadoras, churrascarias, queijarias etc.).

Por outro lado, os números registram também um aumento de 2.150% na área destinada às florestas plantadas. Este dado deve ser visto com cuidado, pois dependendo da densidade de plantio e do manejo estabelecido, estas áreas podem não se enquadrar como florestas plantadas e apenas como capoeiras enriquecidas. Mesmo assim, ainda é insignificante o percentual dessas áreas no contexto geral dos estabelecimentos – elas não representam mais do que 1,32% da área total.

4.3.5 Sistemas agroflorestais

O IBGE incluiu no Censo Agropecuário de 2006 (Tabela 4.3) as áreas dos estabelecimentos que desenvolvem sistemas agroflorestais, nos quais são empregadas tecnologias de uso do solo que permitem, através de manejo adequado, a convivência entre espécies lenhosas perenes (árvores, arbustos, palmeiras etc.) e culturas agrícolas e/ou produção animal.

Os sistemas agroflorestais representam uma denominação nova para sistemas de produções antigos, que envolvem a combinação de árvores com cultivos agrícolas e/ou animais. O termo “Sistemas Agroflorestais” se refere a um conjunto de tecnologias e sistemas de uso da terra onde espécies lenhosas perenes (árvores, arbustos, palmeiras, bambus, etc.) são utilizadas deliberadamente numa mesma área em conjunto com cultivos agrícolas e/ou animais, dentro de um arranjo espacial e/ou sequencia temporal. Nos sistemas agroflorestais existem interações ecológicas e econômicas entre os diferentes componentes (TAVARES et al., 2003).

Existem vários tipos de sistemas agroflorestais (SAFs). Segundo Viana et al. (1997), os SAFs podem ser classificados em: sistemas silvipastoris (animais, árvores e arbustos); agrossilviculturais (plantas anuais e árvores ou arbustos); e agrossilvipastoris (animais, plantas anuais e árvores e arbustos).

Os sistemas agroflorestais também podem ser classificados conforme o arranjo temporal dos seus componentes. Assim podemos encontrar SAFs: sequenciais (sem superposição temporal dos componentes); coincidentes (com superposição temporal completa dos componentes) e concomitantes (com superposição temporal parcial dos componentes).

Existem também sistemas específicos como é o caso dos “quintais florestais domésticos” que podem ter grande importância econômica. Esses sistemas envolvem uma grande diversidade de espécies (existem casos com mais de 100 espécies cultivadas), nativas ou exóticas, comumente encontradas nos quintais dos pequenos agricultores (TAVARES et al., 2003).

Além das classificações convencionais, existe a necessidade de separar os sistemas agroflorestais com diferentes níveis de insumos (fertilizantes, agrotóxicos, mecanização, etc.). Existem os sistemas de baixos níveis de insumos, frequentemente ligados às populações tradicionais (seringueiros, índios etc.) e produtores orgânicos. As principais características desses sistemas, além do baixo ou nenhum uso de insumos químicos e mecanização, são a complexidade estrutural e as elevadas densidades de espécies e dependência do componente arbóreo e arbustivo para a conservação dos solos e manutenção da produtividade.

Existem ainda os sistemas de elevados insumos, frequentemente ligados aos sistemas convencionais de produção. A principal característica desses sistemas é a simplicidade estrutural e o elevado valor econômico dos componentes consorciados. Sistemas agroflorestais como alternativa de recuperação de áreas degradadas com geração de renda devem ser orientados no sentido de utilização de sistemas de baixo nível de insumos, já que a realidade rural brasileira e a competitividade econômica do setor agrícola nacional não permitem a alocação de recursos financeiros mais significativos a esta atividade (TAVARES et al., 2003).

No Baixo-Açu, 245 propriedades disponibilizam 6.179 hectares (3,95%) de suas terras para esse sistema produtivo, principalmente no Município de Afonso Bezerra. Este dado deve ser visto com reserva, pois acredita-se que muita área de capoeira em que o produtor coloca o rebanho bovino dentro esteja mensurada como área com sistemas agroflorestais implantados. Também é importante alertar que áreas de fruticultura permanente com faixas e/ou bordaduras contendo árvores como quebra-vento, barreira física ou acústica, no critério conceitual de sistemas agroflorestais não se enquadram como tal.

4.4 Aspectos demográficos

De acordo com o Censo Demográfico 2010 do IBGE, a população do Baixo-Açu é de 154.529 habitantes (Tabela 4.5). No período intercensitário 2000–2010 os nove municípios que compõem a região apresentaram uma taxa geométrica de crescimento populacional média de 1,50% aa – superior às médias nacional (1,17% aa), do Nordeste (1,12% aa) e do próprio Rio Grande do Norte (1,43% aa).

Cinco municípios cresceram acima da taxa média estadual para o período compreendido entre os censos de 2000 e 2010: Alto do Rodrigues (2,62% aa), Porto do Mangue (2,53% aa), Carnaubais (1,77% aa), Pendências (1,65% aa) e Ipangaçu (1,65% aa). O Município de Assú se mantém em 8º lugar entre os 10 municípios mais populosos do estado, posição que ocupa desde a década de

70. Contudo, apresentou um crescimento anual menor do que a média da região e do estado (1,06% aa). A população de Afonso Bezerra foi a única que apresentou uma taxa de crescimento negativa (-0,019% aa) em relação ao censo (IBGE, 2000; IBGE, 2010).

O Censo Demográfico de 1980 foi o primeiro a registrar o aumento da população urbana em relação à rural no Rio Grande do Norte. Hoje, apenas 22% da população do estado encontram-se na zona rural. Nos municípios banhados pelo Rio Açu, a concentração de moradores nas cidades também tem aumentado de censo para censo. Até mesmo os dois municípios que possuem ainda populações rurais maiores do que urbanas, Carnaubais e Ipanguaçu, registraram expressivo aumento no número de moradores das cidades de 2000 para 2010, sendo que o primeiro apresentou taxa negativa de crescimento da população rural, assim como o Município de Macau. O único município que experimentou um decréscimo no número de moradores na zona urbana foi Afonso Bezerra – o único também que manteve a população total estável nos dois últimos censos (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 – População residente nos municípios do Baixo-Açu (2000–2010).

MUNICÍPIOS	2000			2010			TAXA DE CRESCIMENTO GEOMÉTRICA (%)		
	RURAL	URBANA	TOTAL	RURAL	URBANA	TOTAL	RURAL	URBANA	TOTAL
Assú	13.255	34.602	47.857	13.868	39.359	53.227	0,453	1,296	1,069
Afonso Bezerra	4.364	6.501	10.865	5.085	5.759	10.844	1,541	- 1,204	- 0,019
Alto do Rodrigues	3.012	6.488	9.500	3.432	8.873	12.305	1,314	3,180	2,621
Carnaubais	6.088	2.100	8.188	5.005	4.757	9.762	-1,491	8,520	1,774
Ipanguaçu	7.567	4.359	11.926	8.473	5.383	13.856	1,137	2,132	1,654
Itajá	1.118	5.128	6.246	1.231	5.701	6.932	0,968	1,065	1,048
Macau	7.089	18.620	25.709	6.988	21.966	28.954	- 0,143	1,666	1,196
Pendências	2.457	8.943	11.400	2.858	10.574	13.432	1,523	1,689	1,654
Porto do Mangue	1.774	2.288	4.062	2.190	3.027	5.217	2,129	2,838	2,534
TOTAL	46.724	89.029	135.753	49.130	105.399	154.529	0,825	2,353	1,503

Fonte: adaptado de IBGE (2000–2010).

Também de acordo com o último Censo Demográfico (IBGE, 2010), trata-se de uma população eminentemente jovem. Em todos os municípios da região, a faixa etária mais populosa da região era de 10 a 14 anos no ano 2000; em 2010, o censo registrou o maior número de residentes entre os 20 e 24 anos. A faixa etária com o menor número de residentes foi a de 75 a 79 anos.

O número de mulheres (78.266) é ligeiramente superior ao de homens (76.803), assim como o nível de escolaridade delas. Mas, de uma forma geral, o que predomina na população da região são homens e mulheres acima de 20 anos de idade que não possuem nenhuma instrução ou, no máximo, o fundamental incompleto. As exceções são o Município de Alto do Rodrigues, onde a maioria das mulheres entre 15 e 24 anos (4,66% da população) possui o ensino médio completo e o superior incompleto, e Macau, onde a maioria das mulheres nessa faixa tem o fundamental completo e o médio incompleto.

O Censo também revela que em todos os nove municípios estudados a taxa de analfabetismo (26,26% em média) é superior à taxa estadual (18,5%). Ao mesmo tempo, os percentuais da população da região em todos os níveis de ensino são menores do que os apresentados no estado, o que demonstra uma defasagem da escolarização da população do Baixo-Açu em relação à média estadual (Tabela 4.6).

Tabela 4.6 – Escolaridade da população do Baixo-Açu -2010.

UNID. FEDERAIS E MUNICÍPIOS	ANALFABETOS	FUNDAMENTAL INCOMPLETO (%)	FUNDAMENTAL COMPLETO A MÉDIO INCOMPLETO (%)	MÉDIO COMPLETO A SUPERIOR INCOMPLETO (%)	SUPERIOR COMPLETO (%)	INDETERM.
Rio Grande do Norte	18,5	32,89	16,71	24,86	6,63	0,40
Assú	22,5	34,01	18,70	19,94	4,63	0,21
Afonso Bezerra	30,7	35,61	14,42	16,91	2,36	–
Alto do Rodrigues	19,3	35,94	15,02	26,32	2,24	1,18
Carnaubais	25,6	38,9	15,35	17,34	2,81	–
Ipanguaçu	27,7	34,65	16,08	18,97	2,40	0,20
Itajá	26,3	37,37	14,54	18,33	3,15	0,31
Macau	18,9	36,92	17,59	22,47	3,84	0,29
Pendências	23,0	38,96	16,83	16,68	3,37	1,15
Porto do Mangue	27,7	40,13	17,65	12,17	2,35	0,30
TOTAL	26,68	34,89	16,24	18,79	3,01	0,90

Fonte: adaptado de IBGE (2010).

4.5 Economia

O baixo nível de educação e, conseqüentemente, de qualificação profissional, se refletem na precariedade do mercado de trabalho e nas condições de vida da maior parte da população da região, apesar das potencialidades que ela tem. Segundo o Mapa da Pobreza e Desigualdade (IBGE, 2003), o percentual médio de pobres nos nove municípios considerados em conjunto é de 56,73%, maior do que o percentual do estado, que está entre os mais altos do País (Tabela 4.7).

O município que tem o maior PIB *per capita* (Porto do Mangue) tem também um dos maiores percentuais de pobres da região (61,78%). Porém, o maior número relativo de pobres está no Município de Pendências (68,08%), cujo PIB *per capita* é o quarto maior entre os nove municípios estudados, o que expõe a desigualdade na distribuição da renda. Ainda assim, o Índice de Gini médio da região, que mede o grau de concentração de uma distribuição, ficou abaixo do índice estadual, o que significa que, mesmo mais pobre do que a média dos municípios, a desigualdade social na região é menor do que no estado de uma forma geral (Tabela 4.7).

O setor que apresenta uma maior participação no PIB da região é o de comércio e serviços, responsável por 49,04% da riqueza gerada em 2010 em seis dos nove municípios estudados. Nos municípios de Alto do Rodrigues e Macau e Porto do Mangue, o setor que mais participa no PIB é o da indústria: 54,44%, 58,13% e 78,63% respectivamente, devido às atividades de exploração de petróleo e gás desenvolvidas pela Petrobras e outras empresas do setor (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 – Produto Interno Bruto, pobreza e desigualdade no Baixo-Açu.

UNIDADE FED. E MUNICÍPIOS	PIB ¹ (MILHÕES DE R\$)	PART. DA AGROPECUÁRIA (%)	PART. DA INDÚSTRIA (%)	PART. DO COMÉRCIO E SERVIÇOS (%)	PART. DE IMPOSTOS S/ PRODUTOS LÍQUIDOS DE SUBSÍDIOS (%)	PIB PER CAPITA (R\$)	PERCENTUAL DE POBRES ²	ÍNDICE DE GINI ²
Rio Grande do Norte	32.339	3,7	18,94	65,6	11,7	10.207	52,27	0,49
Assú	403,7	3,36	26,46	63,19	6,97	7.582,00	56,84	0,44
Afonso Bezerra	46,9	5,12	7,85	82,45	4,55	4.307,00	53,86	0,39
Alto do Rodrigues	187,8	3,03	54,44	34,24	8,26	15.263,00	55,77	0,39
Carnaubais	77,2	6,1	35,54	49,35	8,99	7.905,39	41,21	0,37
Ipanguaçu	87,7	13,4	15,67	59,74	11,17	6.328,67	48,87	0,39
Itajá	52,8	3,72	25,27	59,68	11,31	7.593,48	64,94	0,37
Macau	454,2	2,67	58,13	34,67	4,51	15.677,77	59,22	0,40
Pendências	143	1,51	43,24	41,16	4,07	10.641,31	68,08	0,39
Porto do Mangue	141,7	2,77	78,63	16,93	1,64	24.165,79	61,78	0,37

Fontes: (1) adaptado de IBGE (2010); (2) adaptado de IBGE (2003).

De acordo com o Censo Demográfico 2010 do IBGE, a População Economicamente Ativa (PEA) dos nove municípios estudados (65.386 pessoas) é menor do que a não ativa (89.143 pessoas) e representa 42,31 % da população total da região (154.529 habitantes); 85,53% da PEA da região encontravam-se ocupados na semana de referência da pesquisa. A taxa de desocupação ou desemprego aberto era de 14,46% (Tabela 4.8).

Das pessoas ocupadas do Baixo-Açu, 67,97 % são empregadas e 1,16% são empregadoras e representam 58,14% e 0,99% respectivamente da PEA dos nove municípios da região respectivamente. Os demais são trabalhadores não remunerados e pessoas que produzem apenas para seu próprio consumo e o de sua família. Entre os empregados, 58,61% têm situação trabalhista legalizada – possuem carteira assinada ou são servidores públicos estatutários), mas a informalidade atinge 41,38% de trabalhadores não registrados por seus patrões (Tabela 4.8).

O percentual de trabalhadores autônomos é praticamente o mesmo do encontrado para todo o Estado; o número de pessoas que trabalham sem receber na região é maior do que o registrado no Estado, assim como o número de desocupados; Já o número de trabalhadores que produzem para consumo próprio e dos que empregam outras pessoas é bem menor do que os encontrados para o Rio Grande do Norte em geral (Tabela 4.8).

Os dados do Censo sobre a situação da PEA acima levam em conta todo o tipo de ocupação e não apenas aquelas restritas aos ambientes das firmas e suas unidades locais. A situação da população economicamente ativa nas empresas é obtida junto ao Cadastro Central de Empresas, que reúne dados cadastrais e econômicos oriundos de pesquisas anuais do IBGE nas áreas de Indústria, Construção, Comércio e Serviços, e da Relação Anual de Informações Sociais - RAIS.

Segundo esse cadastro, os setores da economia que empregam mais gente na região são, nesta ordem, agricultura, comércio e construção (Tabela 4.9). A administração pública ocupa o 4º lugar dentre as atividades que mais empregam, à frente de setores importantes, como o da indústria de transformação

Tabela 4.8 — População Economicamente Ativa (2010).

UF E REGIÃO	PEA	MÃO DE OBRA OCUPADA					DESOCUPADOS
		EMPREGADOS*	CONTA PRÓPRIA	NÃO REMUNERADO	CONSUMO PRÓPRIO	EMPREGADORES	
RN	1.375.041	860.806 (62,60%)	255.282 (18,6%)	23.420 (1,70%)	80.209 (5,83%)	18.596 (1,35%)	136.728 (9,94%)
Baixo-Açu	65.386	38.013 (58,14%)	12.585 (19,25%)	1.443 (2,21%)	3.237 (4,95%)	649 (0,99%)	9.459 (14,47%)

Nota: (*) Estão incluídos os empregados com carteira assinada (19.700), empregados sem carteira assinada (15.732) e os funcionários públicos (2.582).
Fonte: adaptado de IBGE (2010).

Tabela 4.9 – Ocupação da mão-de-obra por atividades econômicas no Baixo-Açu (2006).

ATIVIDADES ECONÔMICAS	OCUPADOS	%
1º – agricultura, pecuária, silvicultura e exploração florestal	3.504	15,42
2º – comércio, reparação de veículos automotores, objetos pessoais e domésticos	3.501	15,41
3º – construção	2.057	9,05
4º – administração pública, defesa e seguridade social	1.911	8,41
5º – indústria de transformação	1.825	8,03
6º – atividades imobiliárias, aluguéis e serviços prestados às empresas	1.595	7,02
7º – pesca	1.132	4,98
8º – indústrias extrativas	796	3,50
9º – outros serviços coletivos, sociais e pessoais	700	3,08
10º – alojamento e alimentação	500	2,20

Fonte: adaptado de Cadastro Central de Empresas (IBGE, 2006).

Em 2010, a região possuía 2549 empresas com 2643 unidades locais – 31,53% a mais do que no ano de 2006. Contudo, a ocupação nessas unidades permaneceu praticamente a mesma e o número de pessoas assalariadas reduziu 3,32%, diferente do que aconteceu no estado, cujo aumento tanto de pessoal ocupado total quanto de assalariado acompanhou o aumento no número de unidades locais em torno de 22% (Tabela 4.10).

Os salários e rendimentos pagos no Baixo-Açu aumentaram nominalmente em 39% de 2006 a 2010. No mesmo período, o aumento foi de 81% no Rio Grande do Norte. O salário médio nos nove municípios corresponde a 1,93 salários mínimos, enquanto que o salário médio do trabalhador potiguar nas unidades locais das empresas é de 2,6 salários mínimos (Tabela 4.10).

Contudo, é na região que se encontra o município com o 2º maior salário médio do estado – Alto do Rodrigues (4,1 salários mínimos), superior ao da média dos salários pagos no Rio Grande do Norte (2,6 salários mínimos), no Nordeste (2,5 salários mínimos) e no Brasil (3,2 salários mínimos). É nesse município que está concentrada a maior parte das atividades em terra da exploração de petróleo e gás, com a geração de empregos mais qualificados. (Tabela 4.10).

Tabela 4.10 – Unidades locais, pessoal ocupado total e assalariado em 31.12, salários e outras remunerações, salário médio mensal e empresas atuantes (2006–2010).

MUNICÍPIOS	Nº DE UNIDADES LOCAIS (UNIDADES)		PESSOAL OCUPADO TOTAL (PESSOAS)		PESSOAL OCUPADO ASSALARIADO (PESSOAS)		SALÁRIOS E OUTRAS REMUNERAÇÕES (MIL REAIS)		SALÁRIO MÉDIO MENSAL (SALÁRIOS MÍNIMOS)		NÚMERO DE EMPRESAS ATUANTES (UNIDADES)	
	2006	2010	2006	2010	2006	2010	2006	2010	2006	2010	2006	2010
Assú	866	1.084	4.988	6.635	4.029	5.461	28.541	61.509	1,6	1,7	-	1.061
A. Bezerra	63	105	515	751	464	636	3.180	6.874	1,5	1,7	-	105
A. do Rodrigues	192	251	3.979	3.295	3.819	3.044	66.683	78.783	3,9	4,1	-	250
Carnaubais	73	113	1.660	1.130	1.561	1.042	10.726	12.362	1,6	1,7	-	109
Ipanguaçu	136	135	2.671	2.200	2.562	2.103	17.908	23.162	1,4	1,4	-	131
Itajá	66	90	976	1.291	868	1.200	4.331	9.314	1,2	1,2	-	90
Macau	493	696	3.663	4.633	3.206	3.884	28.648	44.307	2,0	1,8	-	677
Pendências	95	128	2.615	1.411	2.543	1.280	17.540	13.116	1,6	1,7	-	126
P. do Mangue	25	41	849	606	830	561	7.128	8.094	2,0	2,1	-	41
TOTAL	2.009	2.643	21.916	21.952	19.882	19.211	184.685	257.521	1,86	1,93		2.549
RN	47.955	59.131	517.078	635.433	464.797	569.089	5.299.348	9.598.376	2,6	2,6		56.529

Fonte: adaptado de Cadastro Central de Empresas (IBGE, 2006–2010).

4.5.1 Identificação das vocações naturais do Baixo-Açu

Não foi possível detectar, através dos dados oficiais, a existência de arranjos produtivos locais, no sentido estrito da expressão, em nenhum desses municípios, apesar de o termo APL ser empregado com frequência em pesquisas e relatórios elaborados por entidades como o Sebrae, a Federação das Indústrias do RN, Banco do Nordeste, etc. Nesses e em outros documentos, encontramos o termo sendo usado para designar simplesmente aglomerados de empresas reunidas ou não em associações, que operam num mesmo ramo do mercado, porém de forma isolada, sem nenhuma sinergia, sem gerar economias externas incidentais ou programadas. Nem mesmo a compra conjunta de máquinas e insumos para obtenção de preços mais baixos é uma prática entre essas empresas.

De acordo com o chefe do escritório do Sebrae em Assú, em todo o estado, a única aglomeração de empresas que está a caminho de se tornar um APL está na região de Mossoró, onde as empresas industriais e comerciais do setor de petróleo e gás se organizaram há três anos, numa rede colaborativa – a Redepetro, que acaba se refletindo nos municípios de entorno, entre eles Assú.

O que existe no Baixo-Açu são vocações naturais, atividades econômicas específicas que podem um dia gerar APLs de fato. A região tem uma vocação natural para as atividades produtivas ligadas ao agronegócio devido à boa oferta hídrica e os solos de alta fertilidade. Essas condições especiais fizeram com que a região sediasse projetos empresariais de fruticultura irrigada (banana, manga, mamão e melão), principalmente nos municípios de Alto do Rodrigues, Ipangaçu e Carnaubais (CAVALCANTI, 2012).

Uma iniciativa importante, que pretende resgatar a cotonicultura na região é o Programa de Revitalização do Algodão, que está sendo desenvolvido pela Prefeitura de Açu, em parceria com a Embrapa Algodão (PB), a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER–RN), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (Emparn) e a Cooperativa Agropecuária do Vale do Açu (Coaperval).

No setor de pesca e aquicultura, a região também figura como uma das maiores produtoras de camarão de cativeiro do estado. Até 2006, o Rio Grande do Norte era o maior produtor e exportador nacional de camarão, mas as crises nas exportações e as enchentes de 2008 e 2009, que devastaram milhares de hectares de fazendas do Baixo-Açu, fizeram com que o estado perdesse a liderança no setor para o Ceará. Atualmente, a produção potiguar é estimada em 23 mil toneladas, contra 30 mil toneladas produzidas nas fazendas cearenses (SANTOS, 2012).

No extrativismo mineral, o Rio Grande do Norte se destaca como o maior produtor de sal marinho do Brasil, detendo mais de 90% de sua produção, estimada em 5 milhões de toneladas (SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, 2002). Dentre os municípios produtores destaca-se Macau, localizado na foz do Rio Piranhas-Açu.

O sal é o mineral industrial de maior importância produzido no estado, devido aos variados campos de aplicação, que vão do consumo humano e animal às indústrias química, farmacêutica, têxtil, alimentícia, de papel, entre outras (PFALTZGRAFF; TORRES, 2010). Apesar disso, nos últimos 20 anos ele vem sendo substituído na liderança da indústria extrativa mineral da região pela produção de petróleo e gás.

O Rio Grande do Norte é o terceiro maior produtor de petróleo do País, com uma produção anual de 23 milhões de barris (2,9% da produção nacional); ocupa também o oitavo lugar na produção de gás, com uma produção média anual de 600 milhões de metros cúbicos. Grande parte da produção estadual de petróleo e gás sai do Baixo-Açu – seis dos nove produtores de petróleo do estado são da região, que ficam com quase a metade (R\$ 53 milhões) dos quase R\$ 116 milhões pagos em *royalties* aos municípios produtores de petróleo (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2013).

Com a instalação da termoeletrica Termoçu S.A., em 2008, a produção de petróleo na região aumentou em até 12 mil barris por dia, por causa da injeção de vapor nos campos de Alto do Rodrigues e Estreito (Carnaubais), gerando mais *royalties* para o estado e os municípios produtores. A Termoçu tem capacidade instalada de 367,9 MW com duas turbinas a gás natural que produzem energia para atender tanto à Companhia de Energia do Rio Grande do Norte (Cosern) quanto à Coelba, concessionária de energia da Bahia. Além da geração de energia elétrica, a Termoçu produz 610t/h de vapor, utilizadas pela Petrobras para injeção contínua em seus poços de petróleo, elevando a produtividade da Companhia (NEONERGIA, 2012).

Apesar da fartura de gás natural, não é ele que move a atividade mais importante da indústria de transformação da região – a produção de tijolo, telhas e blocos de laje, que tem sua matriz energética baseada na lenha. O Baixo-Açu é o 2º polo ceramista do estado, com 32 indústrias que produzem cerca de 300 milhões de peças por ano e geram em torno de 1.289 empregos formais na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil). **Dados estatísticos mensais**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=59236&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebu st=13532 46877251>>. Acesso em: 18 nov. 2012.

CAVALCANTI, S. L. B. **Rio Grande do Norte: indicadores básicos e indústria**. Natal: Federação das Indústrias do Rio Grande do Norte, 2012. Disponível em: <http://www.fiern.org.br/images/PDF/Publicacoes/Estudos_Pesquisas/rn_indicadores_basicos_industria_04_2012.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2012.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU (CBH). **Características físicas da bacia**. Disponível em: <<http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/site/a-bacia/>>. Acesso em: 07 jul. 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (Brasil). **Perímetro irrigado do Baixo-Açu**. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/rn/baixo_acu.htm>. Acesso em: 07 jul. 2012.

IBGE. **Área territorial oficial**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/area.shtm>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

IBGE. **Cadastro Central de Empresas 2006-10**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/cempre/default.asp>>. Acesso em: 10 set. 2011.

IBGE. **Censo agropecuário 1995-96**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/1995_1996/default.shtm>. Acesso em 10 out. 2011.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006_segunda_apuracao/default_tab_pdf.shtm>. Acesso em: 11 set. 2011.

IBGE. **Censo demográfico 2000**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtm>. Acesso em: 10 set. 2011.

IBGE. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 10 set. 2011.

IBGE. **Mapa da pobreza e da desigualdade dos municípios brasileiros, 2003**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

IBGE. **Mapa de biomas**. [Rio de Janeiro], 2004. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/biomas.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2012.

IBGE. **Pesquisa da pecuária municipal, 2000-2010**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=73&z=p&o=34>>. Acesso em: 11 nov. 2011.

IBGE. **Pesquisa da pecuária municipal, 2000-2010**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=73&z=p&o=34>>. Acesso em 11/09/2011.

IDEMA. **Diretrizes para política de controle da desertificação no Rio Grande do Norte**. Natal, 2004.

NEOENERGIA. **Termoaçu**. Disponível em: <<http://www.neoenergia.com/section/termoacu.asp>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S.; TORRES, F. S. de M. **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2010. 227 p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Geodiversidade_RN.pdf>. Acesso em: 20 out. 2012.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995.

SANTOS, F. C. N.; MEDEIROS, J. D. F. de; GUEDES, F. X.; LUCENA, L. R. F. de; SANTOS, M. de F. dos. **Caracterização morfológica e Cadastro dos açudes na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu-Rn**. Natal: ENPARN, 2005. Documentos. Disponível em: <www.enparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/.../Doc_28.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2012.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SANTOS, S. H. Carcinicultura do Rio Grande do Norte quer retomar liderança. **Diário de Natal**, Natal, 4 de maio. 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE. **História dos comitês de bacias do Rio Grande do Norte**. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/semarh/programas/gerados/comitesdebacias.asp>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E FINANÇAS DO RIO GRANDE DO NORTE. **Perfil do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal, 2002. 85 p. Disponível em <http://www.idema.rn.gov.br/governo/secretarias/idema/perfilrn/>. Acesso em 10/09/2011.

SECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: relatório síntese**. [Natal], 1988. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/detalhe.asp?IdPublicacao=373>>. Acesso em 10 jun. 2013

SOUZA, I. de. **Elementos da economia do RN**. Natal: Diário de Natal, 1999. Diário do Rio Grande do Norte (fascículo). Projeto LER.

TAVARES, S. R. T.; ANDRADE, A. G.; COUTINHO, H. L. C. Sistemas agroflorestais como alternativa de recuperação de áreas degradadas com geração de renda. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 24, n. 210, p. 73–81, 2003.

VIANA, V. M.; MATOS, J. C. S.; AMADOR, D. B. Sistemas agroflorestais e desenvolvimento rural sustentável no Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Ciência Do Solo**, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Palestra Técnica**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. CD-ROM.

Estimativa da Fragilidade e Vulnerabilidade Ambiental das Unidades de Paisagem para os Municípios do Baixo-Açu

Fernanda Augusta Pinto Teixeira

5.1 A pressão antrópica sobre os espaços naturais

5.2 Base conceitual

5.3 Metodologia

5.4 Resultados

5.5 Conclusões

RESUMO As análises de fragilidade e vulnerabilidade ambiental permitem avaliar as condições dos sistemas ambientais frente a pressões específicas, principalmente as de origem antrópica. As informações extraídas destas análises possibilitam identificar regiões sujeitas a perdas ambientais. Tais resultados podem orientar tanto o planejamento sustentável das cidades, quanto as estratégias de conservação dos recursos. Uma vez identificadas estas ações com maior potencial de impacto, poderão ser desenvolvidos programas visando à redução das fontes de pressão nestas regiões. O principal objetivo deste capítulo foi propor uma metodologia com potencial para subsidiar a avaliação da sustentabilidade ambiental, contribuindo para a orientação e definição de políticas de conservação nos nove municípios da região do Baixo-Açu, em confluência com o desenvolvimento socioeconômico.

5.1 A pressão antrópica sobre os espaços naturais

O espaço geográfico é alvo do desenvolvimento econômico, que se apropria das formas naturais e originais do primeiro e as transforma em formas específicas, de acordo com o objetivo e técnicas empregadas pela ocupação humana. Neste cenário, a interferência humana é uma condicionante de destaque para a maioria das questões que envolvem a dinâmica de uso e cobertura da terra, na medida em que promove alterações na paisagem e no espaço geográfico. Sendo assim, os processos naturais e antrópicos se estruturam como condição e condicionante, respectivamente, e fazem da relação homem-natureza um paradoxo histórico (TEIXEIRA, 2009).

Aos poucos, as formas naturais dão lugar a áreas urbanas, industriais e a atividades agropecuárias de caráter empreendedor. O espaço começa a receber atributos de infraestrutura como rodovias, ferrovias, linhas de transmissão de energia, entre outros. Se foram as condições naturais que primeiro estabeleceram algumas atividades, o desenvolvimento passa a ganhar maior complexidade à medida que as condições de infraestrutura são melhoradas e incentivadas. Por isso, os processos naturais podem ser reconhecidos como condição justamente por definirem a tipologia de uso e as técnicas a serem empregadas. Já as ações antrópicas compõem a força motriz persistente da mudança, atuando como condicionante (TEIXEIRA, 2009).

Com o crescimento populacional e o aumento da demanda por alimentos e recursos energéticos, a intensidade e extensão da ação do homem sobre a natureza também aumentaram, provocando mudanças de uso e cobertura da terra e expondo fragilidades naturais e vulnerabilidades. Nesse contexto, foram desenvolvidas análises pautadas, em primeiro lugar, na avaliação dos condicionantes naturais, cujo produto foi o Mapa de Fragilidade Natural, a partir do qual foram executadas outras análises com fatores que atuam modificando a paisagem, gerando um outro produto: o Mapa de Vulnerabilidade Natural. Ao longo do desenvolvimento do estudo, pequenas análises foram tomando forma e gerando novos produtos pontuais para esclarecer pequenas relações entre a paisagem e o uso predominante.

Este estudo foi desenvolvido na região de abrangência do Projeto Caatinga Viva (Figura 5.1) e teve por objetivo caracterizar a fragilidade e vulnerabilidade ambiental dos nove municípios da área de atuação do projeto (Assú, Afonso Bezerra, Alto do Rodrigues, Carnaubais, Ipanguaçu, Itajá, Macau, Pendências e Porto do Mangue).

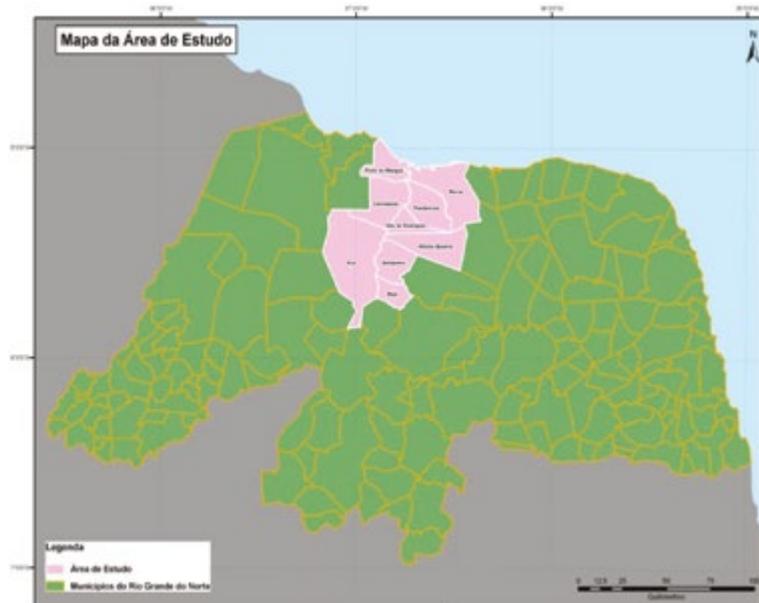


Figura 5.1 – Localização da área de estudo.

Fonte: elaborada pelo autor.

5.2. Base conceitual

5.2.1. Fragilidade natural

A fragilidade natural do ambiente deve ser entendida como o grau de resistência natural das unidades, ou seja, é a análise dos riscos geobiofísicos; ela permite entender as condições que determinam a capacidade que o ambiente tem de manter o equilíbrio e também a que tipos de usos pode ser exposto sem que haja danos permanentes. Para esta análise, foi essencial o conceito de estabilidade da paisagem de Jean Tricart (1977).

Para Tricart (1977), as Unidades Estáveis correspondem basicamente aos meios em equilíbrio. Em termos gerais, a pedogênese é o processo de maior expressão em virtude de fatores de proteção como a cobertura vegetal e de evolução lenta do modelado de acordo com o comportamento de vertentes e cursos d'água pouco agressivos.

Já as Unidades Intermediárias irão considerar a passagem gradual entre um meio estável e um meio instável. Estas unidades são caracterizadas, de acordo com Tricart (1977), pela “interferência permanente da pedogênese e da morfogênese,

exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço”. São meios delicados e suscetíveis a fenômenos de amplificação, podendo tornar-se meios instáveis.

Por fim, as Unidades Instáveis, segundo a classificação de Tricart (1977), são aquelas em que “a morfogênese é o elemento predominante na dinâmica natural, e fator determinante do sistema natural, ao qual todos os outros elementos estão subordinados”. Este fenômeno pode ser desencadeado por paroxismos naturais como tectonismo, vulcanismo ou pela degradação antrópica, especialmente com a retirada da cobertura vegetal.

Portanto, a fragilidade natural é a representação da estabilidade geobiofísica da paisagem. Através da análise de condicionantes naturais como geologia, geomorfologia, solos, vegetação, recursos hídricos, entre outros, ela surge como o resultado da análise integrada e multicriterial de camadas que compõem a paisagem, determinando o comportamento das unidades e as relações entre elas, estabelecendo, desta forma, pontos de resistência e graus de fragilidade.

5.2.2. Biocapacidade

A biocapacidade é um elemento que compõe a Pegada Ecológica (SILVA, J.M. & SANTOS, J.R. , 2007), com a função de compensar as exigências das demandas de consumo e desenvolvimento, mantendo assim o equilíbrio ecológico. Efetivamente, é a quantidade de área biologicamente produtiva, ou seja, a oferta de recursos.

5.2.3. Áreas ambientalmente frágeis

As áreas ambientalmente frágeis correspondem aos nichos de resistência ecológica (nichos de biocapacidade) ou áreas com vulnerabilidade, indicando necessidade de conservação dos recursos naturais. Neste presente trabalho, corresponde especificamente ao resultado da análise da fragilidade natural e das restrições ambientais.

5.2.4. Vulnerabilidade ambiental

A vulnerabilidade ambiental corresponde à relação entre as áreas ambientalmente frágeis e as condições de uso e cobertura do solo. Para Quintela (1995) a vulnerabilidade da paisagem é uma combinação do seu grau de alteração, devido a ações antropogênicas, com a sua fragilidade natural. Por isso, o planejamento do uso e da ocupação do espaço constitui sua sustentação natural e econômica.

5.3 Metodologia

5.3.1 Materiais utilizados

Para os levantamentos referentes aos componentes geofísicos da área de estudo foram consultados os projetos de cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea para cada um dos municípios abrangidos (CPRM: PRODEEM, 2005 a; CPRM: PRODEEM, 2005 b; CPRM: PRODEEM, 2005 c; CPRM: PRODEEM, 2005 d; CPRM: PRODEEM, 2005 e; CPRM: PRODEEM, 2005 f; CPRM: PRODEEM, 2005 g; CPRM: PRODEEM, 2005 h; CPRM: PRODEEM, 2005 i), além do livro Geodiversidade do Rio Grande do Norte (PFALTZGRAFF, 2010), de trabalhos acadêmicos como COSTA, N. O. (2007) e demais bibliografias e publicações técnicas referentes à região em estudo.

Para a etapa de geoprocessamento e análise espacial, foram utilizadas imagens Landsat TM 5 e Landsat TMXS 7, cena 215/06, para análise do uso e cobertura da Terra de 25 de junho de 2010 e 13 de junho de 2002, respectivamente, além do suporte dos dados do Google Earth. As bases cartográficas foram adquiridas do Projeto de Digitalização e Atualização da Base Cartográfica Digital do Estado do Rio Grande do Norte, do governo do estado, em escala 1:100.000. Os dados temáticos foram adquiridos no Geobank e compõem o projeto Geodiversidade do Rio Grande do Norte (PFALTZGRAFF, 2010). Os *softwares* utilizados para a modelagem e tratamento de dados nos formatos de vetor e raster foram o ArcGis 9.3 (ESRI) e o ENVI 4.3.

5.3.2 Critérios de avaliação

Este estudo foi desenvolvido à luz da metodologia de Costa et al. (2006), cujo trabalho consistiu na elaboração de um estudo de Vulnerabilidade Ambiental para a região de Macau (RN), e de Teixeira (2009), que estabeleceu a relação entre indicadores potenciais para avaliar a sustentabilidade ambiental em Rio Verde (GO), a fim de orientar políticas de preservação dos remanescentes e de áreas ambientalmente frágeis. Outros estudos como Santos, R. F. (2007), Kawata, L. T.; Ross, J. L. S (2008), Rodrigues, C. (2001), Wiegand, M. C.; Lima, Y. C. P.; Chaves, Q. L. S. G.; Alves, N. N. L (2009), WWF, 2010, além do próprio Tricart, J.(1997).

As etapas do presente estudo consistem inicialmente em etapas básicas, como levantamento de dados e bibliografias, e também na integração lógica dos dados disponíveis, cujos cruzamentos, ao fim, responderão pelo grau de vulnerabilidade da área de estudo (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 — Etapas metodológicas.

LEVANTAMENTO DE DADOS E BIBLIOGRAFIA	PROCESSAMENTO DE DADOS	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	RESULTADOS
<p>Criação do banco de dados com base cartográfica, temática e imagens de satélite.</p> <p>Distribuição do material disponível entre o Sistema Natural e o Sistema Antrópico</p>	<p>Distribuição dos valores para modelagem.</p> <p>Cruzamentos dos planos de informação.</p>	<p>Levantamento dos riscos geofísicos.</p> <p>Fragilidade natural.</p> <p>Levantamento das restrições legais.</p> <p>Áreas ambientalmente frágeis.</p> <p>Condições de uso do solo</p> <p>Vulnerabilidade ambiental.</p>	<p>Interpretação dos resultados.</p> <p>Geração dos mapas finais e conclusões.</p> <p>Vulnerabilidade ambiental.</p>

Fonte: elaborada pelo autor.

Os temas selecionados e disponíveis foram divididos em dois sistemas: **Sistema Natural** (componentes capazes de analisar os riscos geobiofísicos, oferecendo como resultado a fragilidade natural do ambiente em análise e as áreas ambientalmente frágeis. Exemplo: Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Solos, Unidades de Conservação, Áreas de Preservação Permanente); **Sistema Antrópico** (componentes capazes de analisar as condições de uso da terra, identificando a pressão e/ou simbiose das atividades sobre o remanescente).

A integração dos dados temáticos foi desenvolvida a partir do modelo utilizado por Barbosa(1997), Crepaniet al., (1996) e Grigio(2003), no qual o grau de vulnerabilidade estipulado a cada classe é distribuído em uma escala. No presente estudo, para o resultado final a escala irá variar de 1,0 a 5,0. Serão considerados intervalos de 2,0 entre as situações de predomínio dos processos que representam estabilidade (1,0), equilíbrio (3,0) e situações de predomínio da instabilidade (5,0), passando por situações intermediárias, com valores 2,0 e 4,0. (COSTA et al, 2006). Entre os condicionantes selecionados para a modelagem estão as unidades geológicas, geomorfológicas e pedológicas, as quais receberam valores baseados no conceito de estabilidade de cada unidade descrito em *Ecodinâmica* de Jean Tricart (1977), onde a estabilidade é classificada conforme tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Valores de estabilidade de unidades de paisagem.

ESTABILIDADE	INDICADORES	VALOR
Estável	<ul style="list-style-type: none"> • Prevalece a pedogênese. • Ambientes com baixa diversidade de espécies/formações incipientes. • Ausência de atividades antrópicas. 	1,0
Estável Intermediário	Transição	2,0
Intermediária	<ul style="list-style-type: none"> • Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese. • Ambientes com média diversidade de espécies, correspondendo a formações em estágio intermediário. • Atividades antrópicas em consonância. 	3,0
Intermediário / Instável	Transição	4,0
Instável	<ul style="list-style-type: none"> • Prevalece a morfogênese. • Formações em avançado-clímax, isto é, com alta diversidade de espécies. • Forte presença de atividades antrópicas. 	5,0

Fonte: adaptada de Tricart (1977) e Griggio (2003).

A análise do componente antrópico foi feita com base nos dados de Uso e Ocupação dos Solos e, neste caso, o critério foi estabelecido com relação à diversidade de espécies, desenvolvimento da vegetação natural e o grau de antropização. As restrições legais encontradas na região serão tratadas como Restrições Ambientais.

5.3.3. Etapas de desenvolvimento

a) Definição dos fatores de compensação.

Na tentativa de se obter mapeamentos de fragilidades e vulnerabilidades que representassem mais fielmente as peculiaridades da área de estudo, foi aplicado um método de ponderação que permitiu a compensação entre os fatores através de um conjunto de pesos que indicam a importância relativa de cada fator. A tabela 5.3 apresenta os valores selecionados.

Tabela 5.3 – Peso ponderado dos fatores de compensação.

FATORES DE COMPENSAÇÃO	PESO PONDERADO
Geomorfologia	0,2
Geologia	0,1
Vegetação	0,2
Solos	0,1
Uso e Cobertura do Solo	0,4

Fonte: elaborada pelo autor.

b) Elaboração dos mapas temáticos.

Nesta etapa, foram elaborados os mapas de cada um dos temas que seriam usados nas etapas seguintes. Aos atributos foram atribuídos valores e com base nestes valores arquivos no formato *raster* foram gerados de maneira que pudessem ter suas informações cruzadas uns com os outros.

c) Cruzamento de planos de informação.

Esta etapa tem como resultado mapas com a associação de fatores naturais e antrópicos, nos quais será possível verificar a associação de um ou mais elementos produzindo áreas de maior ou menor vulnerabilidade natural e ambiental. Para a obtenção dos mapas de fragilidade e vulnerabilidade, foram realizados cruzamentos dos mapas temáticos, com a soma dos valores de cada *pixel*.

Os resultados de fragilidade e vulnerabilidade foram distribuídos em cinco classes, conforme tabelas a seguir.

Tabela 5.4 – Classes de fragilidade natural.

CLASSIFICAÇÃO	MÉDIA	%
Muito baixa	0–0,6	20
Baixa	0,61–1,2	20–40
Média	1,21–1,8	40–60
Alta	1,81–2,4	60–80
Muito alta	2,41–3	80–100

Fonte: adaptado de Costa et al. (2006).

Tabela 5.5 – Classes de vulnerabilidade ambiental.

CLASSIFICAÇÃO	MÉDIA	%
Muito baixa	0–1	20
Baixa	1,1–2	20–40
Média	2,1–3	40–60
Alta	3,1–4	60–80
Muito alta	4,1–5	80–100

Fonte: adaptado de Costa et al. (2006).

5.4 Resultados

5.4.1 Estabilidade das unidades do sistema natural

Neste item serão avaliadas as condições de estabilidade das unidades e os primeiros resultados das análises integradas dos fatores naturais. Para tal, os elementos presentes em cada tema serão representados por valores de estabilidade determinados de acordo com a sua estrutura e composição.

5.4.1.1 Geologia

A geologia do Estado do Rio Grande do Norte pode ser enfocada/generalizada a partir de três grandes grupos de rochas: o primeiro e mais antigo é representado por unidades pré-cambrianas (3,45 bilhões de anos até 542 milhões de anos); o segundo constitui unidades do Cretáceo (145 a 65 milhões de anos), representadas pelas rochas sedimentares da Bacia Potiguar e vulcânicas associadas; o terceiro, de idade mais jovem, constituído pelas coberturas sedimentares cenozoicas há aproximadamente 65 milhões de anos, até o período recente (PFALTZGRAFF, 2010).

Para a definição da estabilidade dessas unidades, o objeto de avaliação principal foi o tipo de rocha presente e predominante em relação principalmente à sua capacidade de desagregação e modificação por processos endógenos e exógenos. Uma informação extremamente relevante para a análise desta categoria são os dados de espeleologia. Entretanto, para a área de pesquisa não foram encontradas evidências de cavidades que pudessem ser cruzadas com a litoestratigrafia.

Tabela 5.6 – Distribuição das classes de fragilidade ambiental.

SIGLA	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	VALOR
COBERTURAS CONTINENTAIS CENOZÓICAS		
N4a	Depósitos aluvionares	5,0
N4lpd	Depósitos litorâneos de praia e dunas móveis	5,0
N34elp	Depósitos eólicos litorâneos de paleodunas	5,0
N34flc	Depósitos fluviolacustrinos	5,0
N34fm	Depósitos fluviomarinhos	5,0
N3a	Depósitos aluvionares antigos	4,0
N23m	Depósitos de mangue	4,0
N23c	Depósitos colúvio - eluviais	5,0
ENpt	Formação Potengi	4,0
ENb	Grupo Barreiras	3,0
E3N1t	Formação Tibau	2,0
MAGMATISMO BÁSICO MESOCENOZÓICO		
E3βm	Basalto Macau	1,0
K2βc	Basalto Serra do Cuó	1,0
BACIAS SEDIMENTARES CRETÁCEAS		
K2j	Formação Jandaíra	3,0
K12a	Formação Açú	3,0
UNIDADES PRÉ-CAMBRIANAS		
O3γf	Granito Flores	2,0
NP3γ2di	Suíte Intrusiva Dona Inêz	3,0
NP3γ2it	Suíte Intrusiva Itaporanga	3,0
NP3ss	Formação Seridó	3,0
NP3sju	Formação Jucurutu	1,0
PPγpc	Suíte Poço da Cruz	2,0
PP2cai	Complexo Caicó	1,0

Fonte: elaborada pelo autor.

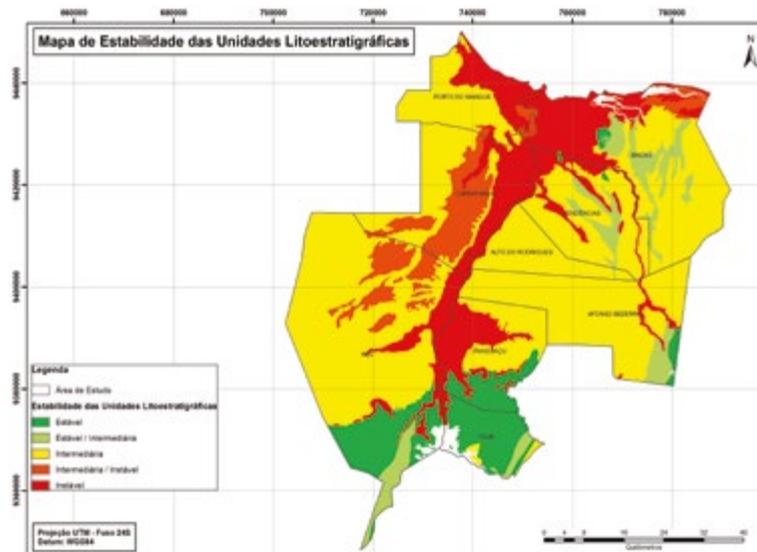


Figura 5.2 – Mapa de estabilidade das unidades litoestratigráficas.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.4.1.2. Geomorfologia

As feições do relevo são resultantes de processos pretéritos e atuais das dinâmicas internas e externas do planeta, que atuam remodelando suas formas, seja no sentido da agradação ou degradação. As características das unidades de relevo são condicionantes para o desenvolvimento de atividades, nem sempre planejadas de forma consciente. Em virtude dessa exposição a agentes modeladores e da sua condição de norteadora de atividades, a importância da geomorfologia foi compensada com um multiplicador maior do que da geologia.

A área de estudo, do ponto de vista dos domínios geomorfológicos, está situada essencialmente nas áreas de baixos platôs da Bacia Potiguar, rompida pelo Vale do Piranhas-Açu e na Planície Costeira. Nesses domínios geomorfológicos, distribuem-se as unidades de relevo, expostas na tabela a seguir.

Tabela 5.7 – Distribuição das classes de fragilidade ambiental.

SIGLA	UNIDADE DE RELEVO	VALOR
DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES LITIFICADAS		
R2b1	Baixos platôs	2,0
DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS CRISTALINAS OU SEDIMENTARES		
R4e	Degraus estruturais e rebordos erosivos	4,0
R4a1	Domínio de colinas amplas e suaves	3,0
R4b	Domínio de morros e de serras baixas	3,0
DOMÍNIO DOS RELEVOS DE APLAINAMENTO		
R3b	Inselbergs e outros relevos residuais	3,0
R3a2	Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas	4,0
DOMÍNIO DAS UNIDADES DENUDACIONAIS EM ROCHAS SEDIMENTARES POUCO LITIFICADAS		
R2a1	Tabuleiros	2,0
DOMÍNIO DAS UNIDADES AGRADACIONAIS		
R1f1	Campos de dunas	5,0
R1c	Vertentes recobertas por depósitos de encostas	3,0
R1a	Planícies fluviais ou flúvio-lacustres	5,0
R1d	Planícies flúvio-marinhas e flúvio-lagunares	5,0

Fonte: elaborada pelo autor.

A distribuição dos valores de estabilidade nesta categoria foi relacionada com o grau de modificação da unidade de relevo mapeada. Ou seja: uma vez que todas as unidades estão expostas a fatores remodeladores, buscou-se separá-las pela intensidade e velocidade em que ocorrem as mudanças, diante dos fatores aos quais estão expostos, como drenagem e características de intemperismo. O Mapa de Estabilidade das Unidades de Relevo pode ser conferido a seguir:

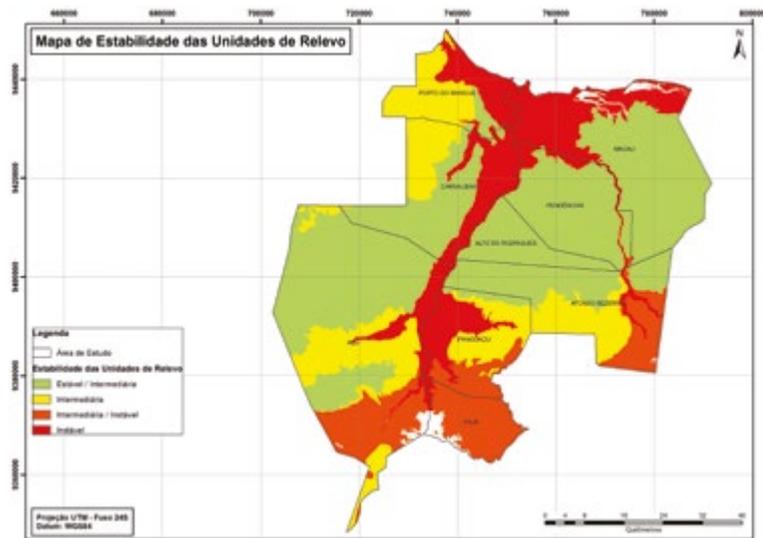


Figura 5.3 – Mapa de estabilidade das unidades de relevô.

Fonte: elaborada pelo autor.

5.4.1.3 Pedologia

A caracterização dos solos em perfis de estabilidade foi definida em virtude das propriedades específicas de cada tipo de solo. Este é um parâmetro difícil de desassociar das características de uso e cobertura, ou seja, da influência das atividades antrópicas nas condições do solo. Por isso, cabe ressaltar que esta etapa avaliou única e exclusivamente os parâmetros pedológicos. Para a distribuição dos valores, os solos mais desenvolvidos e aqueles que ocorrem em áreas mais estáveis como baixos platôs e colinas suaves receberam valores de estabilidade mais baixos.

Tabela 5.8 – Distribuição das classes de fragilidade ambiental.

SIGLA	TIPO DE SOLO	VALOR
PVAa	argissolo vermelho-amarelo	2,0
CX	cambissolo háplico	4,0
GZ	gleissolo sálico	5,0
LVA	latossolo vermelho-amarelo	2,0
TC	luvisolo crômico	2,0
RU	neossolo flúvico	5,0
RL	neossolo litólico	3,0
RQ	neossolo quartzarênico	5,0
SN	planossolo nátrico	5,0

Fonte: elaborada pelo autor.

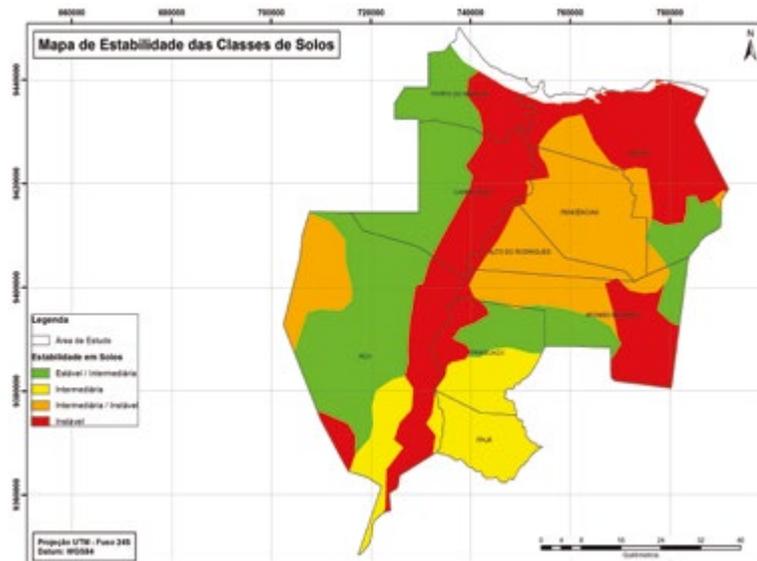


Figura 5.4 – Mapa de estabilidade das classes de solos.

Fonte: elaborada pelo autor.

5.4.1.4 Vegetação

A vegetação recebeu valores de estabilidade de acordo com a diversidade de espécies e estágio das formações. As áreas que representam os maiores índices de estabilidade correspondem às planícies fluviais e flúvio-marinhas.

Tabela 5.9 – Distribuição das classes de fragilidade ambiental.

TIPO DE VEGETAÇÃO	VALOR
Corpos d'água	NULO
Vegetação gramínea de dunas	2
Formação pioneira flúvio-marinha	5,0
Formação pioneira marinha	5,0
Área de influência urbana	NULO
Savana estépica arborizada	1,0
Savana estépica parque	2,0
Savana estépica	1,0

Fonte: elaborada pelo autor.

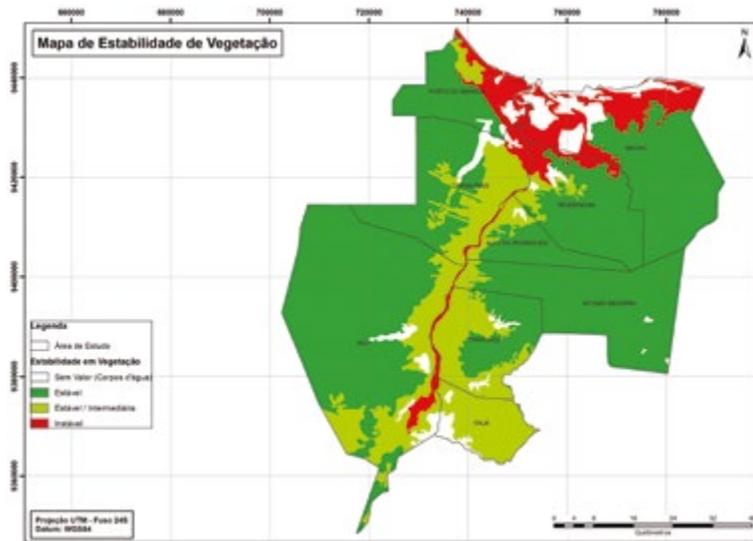


Figura 5.5 – Mapa de estabilidade de vegetação.

Fonte: elaborada pelo autor.

5.4.1.5 Restrições ambientais

As restrições legais correspondem às formas de preservação de recursos naturais definidas em lei. Este item é importante, pois à definição destas áreas estão intrínsecos critérios de representatividade, insubstituíbilidade, funcionalidade, entre outros, que determinam e dimensionam a importância e qualidade dos remanescentes.

Nesta modelagem, foram consideradas como APP's (Áreas de Preservação Permanente) as faixas marginais de proteção com largura de 50 m e os corpos d'água. A Floresta Nacional do Açu (Decreto 10.682 de 06/06/1990) também foi selecionada como restrição ambiental por representar um remanescente de floresta de Caatinga, mantendo ainda preservada boa parte de suas características originais.

5.4.1.6 Fragilidade natural

A fragilidade natural é o primeiro resultado da modelagem, produto da análise integrada dos condicionantes geobiofísicos. Este mapeamento corresponde à soma do valor de estabilidade de cada pixel e tema. Para o resultado final, os valores variaram entre 1,0 e 3,0 e foram distribuídos em classes conforme a tabela 5.4.

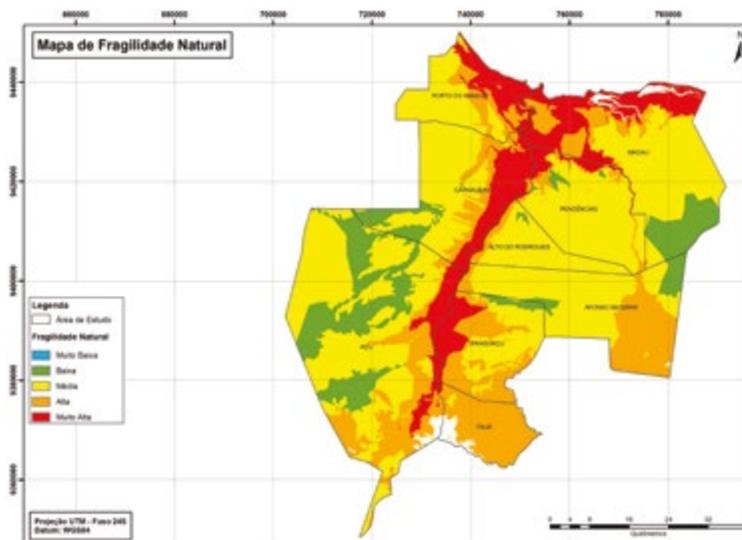


Figura 5.6 – Mapa de fragilidade natural.

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados de fragilidade natural são condição direta do tamanho da área de estudo, dos temas escolhidos, da distribuição dos valores e das escalas dos dados. Para o presente estudo, a integração dos fatores apresentou o resultado dentro do esperado, apontando justamente na direção das áreas costeiras e do Vale do Rio Açu como áreas com fisionomias mais vulneráveis e com maior necessidade de planejamento sustentável, podendo representar nichos de biocapacidade.

Tabela 5.10 – Distribuição das classes de fragilidade ambiental.

VULNERABILIDADE AMBIENTAL	ÁREA (ha)	%
Muito baixa	0	0
Baixa	54.380	11,52
Média	244.800	51,85
Alta	105.600	22,37
Muito alta	51.090	10,82
TOTAL	472.085	100

Fonte: elaborada pelo autor.

5.4.1.7 Áreas ambientalmente frágeis

As áreas ambientalmente frágeis correspondem aos registros das condições naturais e das restrições ambientais. Conforme exposto anteriormente, estas áreas

são nichos de resistência ecológica e de fragilidade. Seus mapeamentos indicam a necessidade de adequação das formas de manejo no sentido da sustentabilidade nessas áreas mais frágeis ou da conservação das condições naturais representadas pelas restrições ambientais. A associação das fragilidades com as restrições ambientais pode oferecer uma maior visibilidade das condições do ambiente natural e servir como produto norteador para o planejamento de áreas com potencial para Unidades de Conservação.

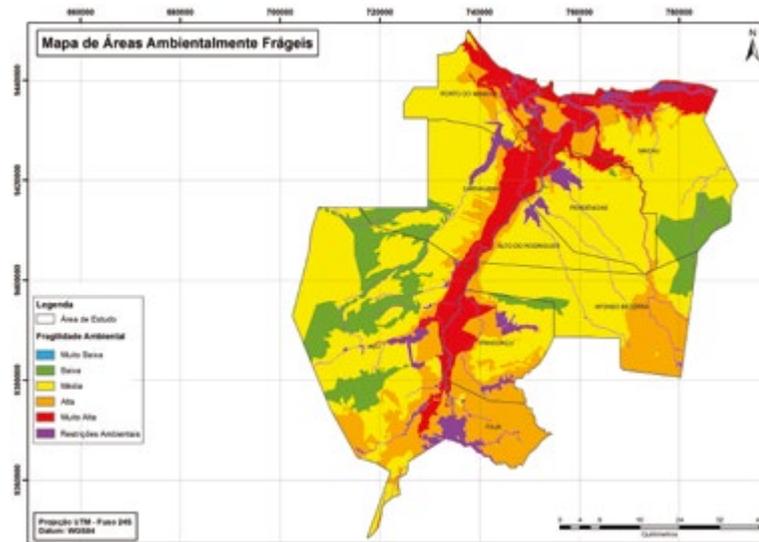


Figura 5.7 – Mapa de áreas ambientalmente frágeis.

Fonte: elaborada pelo autor.

Este resultado indica primeiramente que há uma grande concentração de ambientes frágeis ao redor dos corpos d'água e dos cursos d'água, além das já conhecidas áreas naturalmente frágeis da planície costeira e do Vale do Açu. Um importante fator de avaliação da forma como as áreas ambientalmente frágeis estão sofrendo pressão por ações antrópicas é a correspondência da vegetação natural com as condições de uso e ocupação da terra. O caso mais evidente ocorre exatamente no Vale do Açu, onde uma grande área de savana-estépica parque está sujeita à forte pressão das atividades agropecuárias. Esta correspondência pode ser acompanhada no mapa comparativo exposto a seguir.

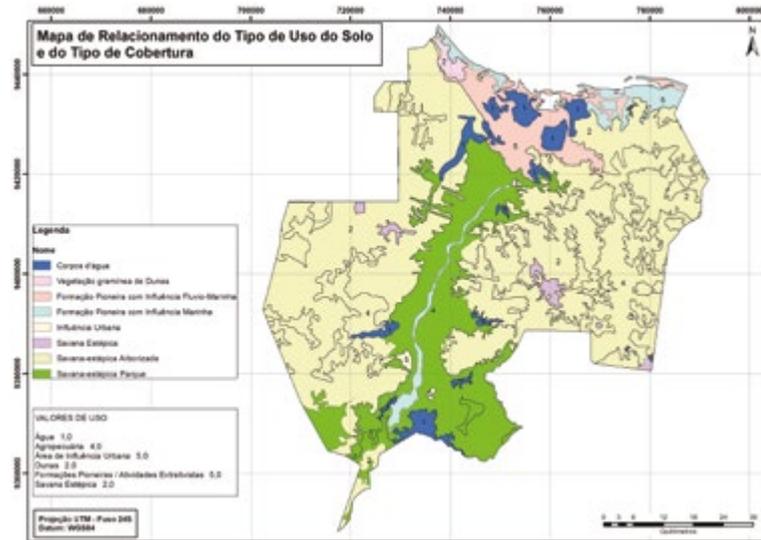


Figura 5.8 – Mapa de relacionamento do tipo de uso do solo e do tipo de vegetação.

Fonte: elaborada pelo autor.

Ocupando menor extensão territorial, mas nem por isso menos importantes, as formações pioneiras estão sendo pressionadas pelas atividades extrativistas. Tal exemplo pode ser ilustrado em imagens disponíveis no Google Earth entre os anos de 2002 e 2011.



Figuras 5.9 e 5.10 – Diferença entre 2002 e 2011 nas condições de uso do solo na Planície Costeira.

Fonte: Google Earth (2013).

5.4.2 Estabilidade das unidades do sistema antrópico

5.4.2.1 Uso e ocupação do solo

O uso do solo é caracterizado por áreas de agropecuária, savanas e formações pioneiras no litoral. A pecuária é extensiva e, muitas vezes, está organizada em um sistema precário. A agricultura está condicionada à disponibilidade de água e por isso acontece de maneira muito concentrada nas planícies fluviais, onde os cultivos mais comuns são milho, feijão, melancia, mandioca, algodão arbóreo, sisal, caju, coco e carnaúba. O sistema de manejo é variável, sendo caracterizado por atividades de alto, médio e baixo níveis tecnológicos, estando as práticas agrícolas condicionadas tanto ao trabalho braçal e à tração animal, com implementos agrícolas simples, quanto à mecanização de pequeno porte.

Tabela 5.11 – Distribuição da estabilidade nas classes de uso e ocupação do solo.

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	VALOR
Água	1,0
Agropecuária	4,0
Área de influência urbana	5,0
Dunas	2,0
Formações pioneiras/ atividades x	5,0
Savana Estépica	2,0

Fonte: elaborada pelo autor.

Este produto avalia principalmente a pressão das atividades sobre os recursos naturais e o grau de reversibilidade das alterações. A área urbana é exemplo de uma alteração irreversível e também é responsável pela pressão sobre os recursos naturais, ou seja, pela demanda por biocapacidade. As formações pioneiras também estão representadas como áreas de instabilidade, pois estão expostas a atividades extrativistas que, apesar de não serem totalmente irreversíveis, podem afetar o frágil sistema da área em questão, representada por estuários e mangues.

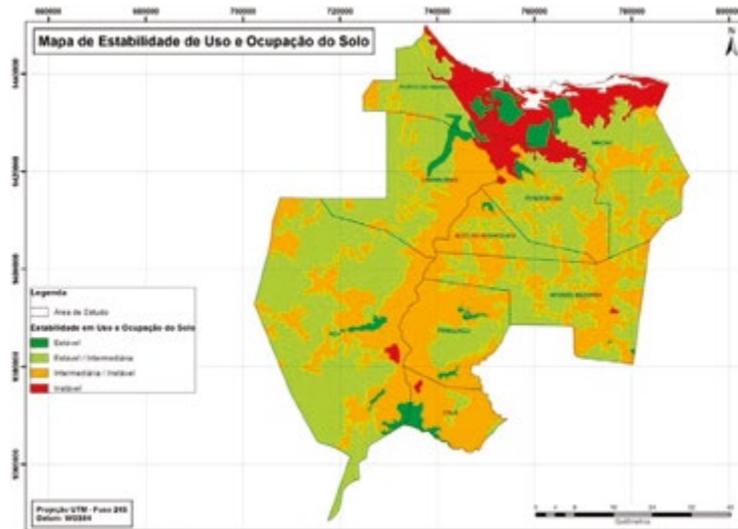


Figura 5.11 – Mapa de estabilidade de uso e ocupação do sol.

Fonte: elaborada pelo autor.

5.4.3 Vulnerabilidade ambiental

A Vulnerabilidade Ambiental é o produto final da avaliação das condições naturais e das interferências antrópicas utilizadas para o desenvolvimento deste estudo. As condições de uso e ocupação do solo determinam o resultado deste produto. Afinal, a existência de áreas ambientalmente frágeis ou de fragilidade natural não é o maior problema, mas sim que tipo de uso que ocorre nestas áreas. As áreas urbanas, por exemplo, não só representam uma condição de uso irreversível como têm um efeito de borda muito presente. Além disso, há agropecuária ocorrendo em toda extensão do Vale do Açu e atividades extrativistas na planície costeira.

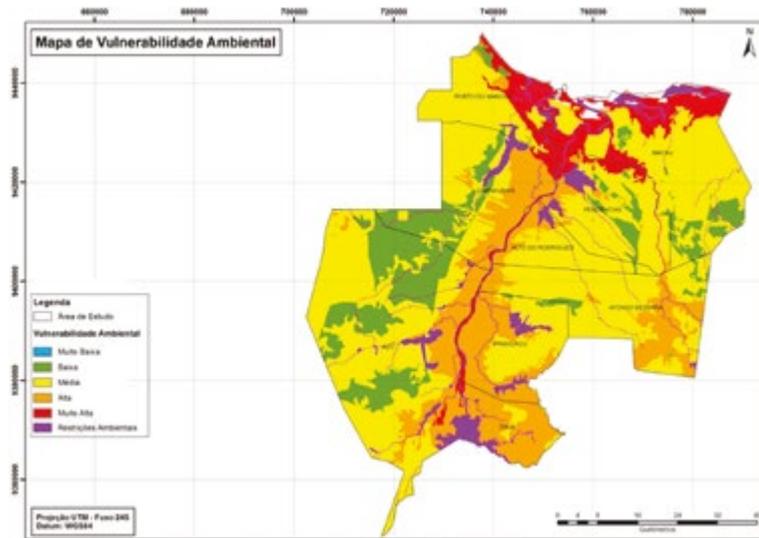


Figura 5.12 – Mapa de vulnerabilidade ambiental.

Fonte: elaborada pelo autor.

Pode-se notar que no Mapa de Vulnerabilidade Ambiental a classe de vulnerabilidade muito alta ambiental foi reduzida em quase 50%, especialmente na área do Vale do Açu, mais especificamente a região de entorno do respectivo curso d’água. Outras regiões, com fragilidade natural média e manutenção da vegetação natural migraram para a baixa vulnerabilidade ambiental. Estas ponderações se fazem necessárias no sentido de afirmar que não é o uso do solo o grande problema ambiental, mas sim o uso não planejado. A tabela 5.12 apresenta o resultado final.

Tabela 5.12 – Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental.

VULNERABILIDADE AMBIENTAL	ÁREA (ha)	%
Muito baixa	0	0
Baixa	64.170	13,59
Média	258.600	54,78
Alta	100.100	21,20
Muito alta	32.970	6,98
TOTAL	472.085	100

Fonte: elaborada pelo autor.

5.5 Conclusões

O mapeamento da vulnerabilidade ambiental na área de estudo evidenciou a grande dependência que as atividades econômicas têm nas regiões que possuem grande fragilidade natural. Estas condições caracterizam o uso intensivo dos recursos naturais em áreas que possuem elementos que sugerem a necessidade de conservação. Entretanto, esta mesma área é também socialmente frágil, contando com uma média de 55% de incidência da pobreza, conforme Mapa de Pobreza e Desigualdade – Municípios Brasileiros (IBGE, 2003). Ao fim, o cenário é de múltiplas necessidades cujo denominador comum precisa ser o desenvolvimento sustentável.

Estudos ambientais não devem ser antieconômicos, mas devem sim ter responsabilidade com a conservação dos recursos, assim como preocupação com o uso racional destes. Se a área de estudo apresenta uma economia desenvolvida em condições que agridem os potenciais naturais podendo gerar danos irrecuperáveis, deve haver planejamento para minimizar os impactos e conservar as áreas que ainda não foram atingidas diretamente, de forma que a socioeconomia possa se adaptar às novas condições. Para tal, é imprescindível uma política de planejamento que vise à diversificação das atividades, preservação das condições naturais, recuperação das áreas impactadas e utilização sustentável dos recursos de maneira que continuem gerando renda e contribuindo para a melhoria da qualidade de vida tanto no sentido econômico, quanto social e ambiental, contribuindo de fato para o equilíbrio ecológico.

Do ponto de vista da metodologia, a distribuição de valores de estabilidade e a distribuição em classes se mostraram satisfatórias, uma vez que os resultados encontrados apontaram fatores reconhecidamente preocupantes do ponto da conservação dos recursos, como é o caso da preservação do ambiente costeiro e dos grandes vales.

Sugere-se que estudos de fragilidade e vulnerabilidade com esta metodologia sejam executados em unidades territoriais menores, para mapeamento das especificidades naturais e para que o resultado final sirva para orientar de fato as melhores políticas para o manejo sustentável dos recursos. Estudos desenvolvidos em maiores escalas deverão apresentar resultados mais deterministas, uma vez que os temas serão tratados de forma menos indivisa. A inferência de novos fatores naturais, como declividade, e antrópicos, como previsões de mudanças de uso e cobertura em cenários variados, poderão oferecer grandes alternativas de avaliação dos limites de sustentabilidade da área de estudo, bem como recursos para o planejamento adequado das atividades.

O resultado de fragilidade natural é um componente importantíssimo para quaisquer tipos de planejamento, seja ele no sentido de desenvolver atividades econômicas, turísticas ou de conservação. É com o potencial de fragilidade que podem ser definidas as áreas mais seguras para o desenvolvimento de atividades, ou aquelas cujo valor natural deva ser preservado.

Talvez o resultado mais importante deste trabalho tenha sido a confirmação de que é inevitável ocupar regiões naturais, mas que antes de mais nada é preciso saber se aquela região tem condições de receber a atividade desejada. Sim, é preciso planejar, seja para proteger áreas ambientalmente frágeis ou para desenvolver atividades econômicas numa margem segura de vulnerabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997.

COSTA, F. H. dos S.; PETTA, R. A.; LIMA, R. F. de S.; MEDEIROS, C. N. Determinação da Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Potiguar, Região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 2, n. 58, p. 119-127, 2006. ISSN 1808-0936.

COSTA, N. O. **Gestão da cobertura vegetal da porção emersa da bacia sedimentar potiguar (RN): uma contribuição com uso de geoprocessamento**. 2007. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996.

IBGE, Censo Demográfico 2000 e Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF 2002/2003. Mapa de Pobreza e Desigualdade – Municípios Brasileiros 2003.

FLORENZANO, T. G., 2008, **Geomorfologia – Conceitos e Tecnologias**. Oficina de Textos. 2008.

KAWATA, L. T., ROSS, J. L. S. **Análise da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados da Bacia do Rio Guaraú** – Simpósio Internacional de Iniciação Científica, 2008. USP; São Paulo.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; PIRES, S. de T. M.; ROCHA, D. E. G. A. da; CARVALHO, V. G. D. de. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Açu, Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM: PRODEEM, 2005 a. 11 p. Contém anexos.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; PIRES, S. de T. M.; ROCHA, D. E. G. A. da; CARVALHO, V. G. D. de. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: diagnóstico do município de Porto Mangue, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM: PRODEEM, 2005 b. 11 p. Contém anexos.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; PIRES, S. de T. M.; ROCHA, D. E. G. A. da; CARVALHO, V. G. D. de. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: Diagnóstico do município de Macau, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM: PRODEEM, 2005 c. 11 p. Contém anexos.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; PIRES, S. de T. M.; ROCHA, D. E. G. A. da; CARVALHO, V. G. D. de. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: Diagnóstico do município de Carnaubais, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM: PRODEEM, 2005 d. 11 p. Contém anexos.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; PIRES, S. de T. M.; ROCHA, D. E. G. A. da; CARVALHO, V. G. D. de. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: Diagnóstico do município de Pendências, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM: PRODEEM, 2005 e. 11 p. Contém anexos.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; PIRES, S. de T. M.; ROCHA, D. E. G. A. da; CARVALHO, V. G. D. de. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: Diagnóstico do município de Alto Rodrigues, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM: PRODEEM, 2005 f. 11 p. Contém anexos.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; PIRES, S. de T. M.; ROCHA, D. E. G. A. da; CARVALHO, V. G. D. de. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: Diagnóstico do município de Ipanguaçu, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM: PRODEEM, 2005 g. 11 p. Contém anexos.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; PIRES, S. de T. M.; ROCHA, D. E. G. A. da; CARVALHO, V. G. D. de. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: Diagnóstico do município de Afonso Bezerra, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM: PRODEEM, 2005 h. 11 p. Contém anexos.

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; PIRES, S. de T. M.; ROCHA, D. E. G. A. da; CARVALHO, V. G. D. de. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: Diagnóstico do município de Itajá, Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM: PRODEEM, 2005 i. 11 p. Contém anexos.

MEIRELLES, M. S. P., **CÂMARA, GILBERTO; ALMEIDA, CLÁUDIA MARIA DE (org.)**. **Geomática: modelos e aplicações**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2. ed., 1995.

GRIGIO, A. M. **Aplicação do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guimarães (RN)**: Simulação de Risco às Atividades da Indústria Petrolífera. 2003. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande Norte, Natal.

PFALTZGRAFF, P. A. DOS S., **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2010.

QUINTELA, J. A.; **El inventario, el analisis y el diagnóstico geocológico de los paisajes mediante el uso de los sistemas de información geográfica**. (Ph.D. Thesis) Universidad de La Habana, La Habana, 1995.

RODRIGUES, C.; A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, n 14, p. 69–77, 2001.

SANTOS, R. F.; **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.

SILVA, J. M. & SANTOS, J. R. **Pegada Ecológica: Instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil. 2007.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais**. São Paulo, SP: Paulo's Editora, 1999.

TEIXEIRA, F. A. P.; **Uma proposta metodológica para subsidiar a avaliação de sustentabilidade utilizando imagens MODIS e SIG**, 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TRICART J., 1977; **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1977. p. 35–64.

WIEGAND, M. C.; LIMA, Y. C. P.; CHAVES, Q. L. S. G.; ALVES, N. N. L.; Utilização do SIG na avaliação da Fragilidade potencial da Bacia Experimental de Aiuba – BEA/CE. **Revista de Geologia**, Vol. 22, n 2, p. 186–196, 2009.

WWF. **Planeta Vivo** – Relatório 2010. Biodiversidade, Biocapacidade e desenvolvimento. [Gland], 2010 World Conservation Monitoring Center.

Recuperação de Áreas Degradadas

Cláudio Lucas Capeche

Sílvio Roberto de Lucena Tavares

José Ronaldo de Macedo

Adoildo da Silva Melo

6.1 A degradação dos solos no mundo

6.2 Área degradada

6.3 Recuperação, reabilitação e restauração

6.4 Integração e evolução dos conceitos

6.5 Degradação ambiental

6.6 Manejo e conservação do solo, da água e da biodiversidade

6.7 Sistemas de produção

6.8 Recuperação de áreas degradadas com voçorocas

6.9 Convivência com a seca

RESUMO

A perda sistemática de áreas agricultáveis em todo o mundo exige medidas urgentes para evitar que a raça humana ingresse numa era de insegurança alimentar sem precedentes. Dentre as medidas a serem tomadas estão a recuperação, reabilitação e restauração dos solos degradados e a adoção de um planejamento adequado para o uso da terra e dos mananciais de água potável. Os cuidados com o manejo dos recursos naturais se reveste de especial relevância em ecossistemas frágeis e já bastante degradados, como o semiárido brasileiro. Daí a importância de programas de educação ambiental que promovam a sustentabilidade das atividades econômicas desenvolvidas na região através do manejo adequado dos recursos naturais.

6.1 A degradação dos solos no mundo

Segundo o Banco Mundial, os solos agrícolas do mundo vêm se degradando a uma taxa de 0,1% ao ano, dados que vão ao encontro dos estabelecidos pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), que aponta a perda de cinco milhões de hectares de terras aráveis por ano devido a más práticas agrícolas, secas e pressão populacional, além de inúmeras ações antrópicas de exploração inadequada dos recursos naturais englobando o compartimento solo.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMD), através do GLSOD (Global Assessment of Soil Degradation – Projeto de Avaliação Mundial da Degradação do Solo), registrou que 15% dos solos do planeta (aproximadamente 20 bilhões de ha), área correspondente aos territórios dos Estados Unidos e Canadá, juntos, estão classificados como degradados devido às atividades humanas. Do total desta área degradada, 5% encontram-se na América do Norte, 12% na Oceania, 14% na América do Sul, 17% na África, 18% na Ásia, 21% na América Central e 13% na Europa. Se considerarmos as áreas inabitadas do mundo, o percentual de solos degradados no planeta sobe de 15% para 24% (OLDEMAN, 1994).

O maior problema que reside nestas constatações é que a maioria destes solos degradados ou em processo de degradação está nos países menos desenvolvidos. Estima-se que 39% da população da Ásia (1,3 bilhão de pessoas) vivam em áreas com tendências à desertificação; na África, 65% dos solos agrícolas estão degradados; na América Latina e Caribe, o mau uso de produtos químicos e erosão degradaram 300 milhões de ha. Já na Europa, dados de 2002 publicados pela Comissão Europeia revelam que 52 milhões de ha (16% da área agrícola total) estão afetados por algum processo de degradação (salinização, erosão, desertificação, ou excesso de urbanização).

Essa degradação ameaça a fertilidade das terras e a qualidade das águas. O solo perde a sua funcionalidade e o equilíbrio ecológico em geral. O problema é potencializado quando se leva em conta que o processo de regeneração natural do solo é muito lento. Estima-se que, sob um clima úmido, sejam necessários cerca de 500 anos para que se forme uma camada de solo de 2,5 cm de espessura.

Segundo o projeto da avaliação mundial da degradação de solo do PNUMD (OLDEMAN, 1994), os cinco principais fatores de degradação dos solos listados e seus respectivos percentuais de participações nas áreas mundiais degradadas são:

- a) Desmatamento ou remoção da vegetação natural para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e urbanização (29,4%);

- b) Superpastejo da vegetação (34,5%);
- c) Atividades agrícolas, incluindo ampla variedade de práticas agrícolas, como o uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, uso de água de irrigação de baixa qualidade, uso inapropriado de máquinas agrícolas e ausência de práticas conservacionistas de solo (28,1%);
- d) Exploração intensiva da vegetação para fins domésticos, como combustíveis, cercas, etc., expondo o solo à ação dos agentes erosivos (6,8%); e
- e) Atividades industriais ou bioindustriais que causam poluição do solo (1,2%).

No continente Sul Americano, segundo o GLSOD, teríamos 244 milhões de ha de solo degradado, sendo o desmatamento responsável por 41%, o superpastejo por 27,9%, as atividades agrícolas por 26,2%, a exploração intensa da vegetação por 4,9%. Os dados relativos de solos degradados na América do Sul em decorrência das atividades industriais são ínfimos por dois motivos: falta de levantamento sistemático e global no continente de sites contaminados e/ou degradados pelos processos industriais e a baixíssima industrialização dos países do continente quando comparada à dos países desenvolvidos e industrializados. No Brasil não existe, até o momento, nenhum estudo conclusivo quanto à quantidade e distribuição dos solos degradados em escala nacional.

É importante ressaltar que, independentemente da ausência de avaliações exatas a respeito da extensão de áreas degradadas no Brasil, todas as estimativas apontam o desmatamento e as atividades agropecuárias como os principais fatores de degradação de nossos solos. O impacto causado por obras de engenharia (estradas, ferrovias, barragens, etc.), por atividades de mineração a céu aberto e por algumas atividades industriais, certamente sensibiliza a população de modo geral, que tende a atribuir a esses fatores a responsabilidade maior pela degradação dos solos.

Tal impressão é plenamente justificável, uma vez que são atividades altamente impactantes, pois devemos lembrar que a degradação não pode ser avaliada apenas pela extensão, mas também por sua intensidade. As atividades mineradoras podem impactar uma área maior do que a área de lavra por causa da degradação dos recursos hídricos, que vai se refletir em toda a bacia. Esse é o caso clássico de minerações de carvão a céu aberto, onde a oxidação de sulfetos metálicos que acompanham o minério promove a ocorrência de drenagem ácida e a solubilização de metais pesados, podendo trazer consequências danosas para uma área de influência muito além da área de lavra. No entanto, ao avaliar a extensão de degradação causada

por estas atividades, verifica-se que ela é mínima, principalmente comparando-a ao desmatamento e ao superpastejo nos solos nacionais.

Além da crescente quantidade de terras agrícolas que estão em processo degradativo, imprimindo perdas de áreas para produção agrícola, há que se considerar outros fatores que já levaram organismos como a FAO e o Fundo Monetário Internacional (FMI) a decretarem o início da era da comida cara, como: os baixos estoques mundiais; o alto preço do petróleo, que encarece os insumos e incentiva a produção de etanol à base de milho; a demanda crescente por alimentos, principalmente da China, maior importador de algodão e soja do mundo e que aumentou o seu consumo anual de cereais de 450 milhões de toneladas em 2001 para 513 milhões de toneladas em 2007 (STEFANO e SALGADO, 2008), além da expectativa de aumento da população mundial dos atuais 7,2 bilhões para 9,6 bilhões em 2050 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2013). Por essas e outras razões, é de se esperar que as políticas nacionais e internacionais de uso e manejo dos solos sejam direcionadas no caminho da sustentabilidade deste importante ecossistema chamado solo.

A complexidade dos processos de degradação e de recuperação de solos deve-se aos inúmeros fenômenos biológicos e físico-químicos envolvidos. Por este motivo, a recuperação de áreas degradadas pode ser conceituada como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das mais diferentes formações profissionais, que visam a proporcionar o restabelecimento das condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural. O caráter multidisciplinar das ações para proporcionar esse retorno deve ser tomado, fundamentalmente, como o ponto de partida do processo. Assim, o envolvimento direto e indireto de técnicos de diferentes especializações permite a abordagem holística que se faz necessária (DIAS e GRIFFITH, 1998). É importante que se padronize os termos, conceitos e definições empregados na descrição dos fenômenos de degradação e recuperação de áreas degradadas, com o objetivo de facilitar o entendimento do assunto para os leitores.

Este capítulo tem como objetivo mostrar um pouco do entendimento da Embrapa Solos sobre este assunto que norteia o seu Programa de RAD em centenas de áreas degradadas no Brasil, seja por atividades agrícolas e industriais, como pela construção civil (portos, aeroportos, estradas, represas, etc.). Como as áreas degradadas possuem um certo padrão, este capítulo mostra técnicas de RAD que podem ser utilizadas em todos os biomas brasileiros (incluindo a Caatinga), desde que respeitadas as suas particularidades climáticas, edáficas e a vegetação do bioma.

6.2 Área degradada

A avaliação da extensão de áreas degradadas passa a ser um processo complexo, na medida em que se faz necessário estabelecer claramente o conceito de solo degradado. Além do estabelecimento deste conceito, é necessário também o aprimoramento dos indicadores dos processos de degradação de solos, pois diferentes processos possuem diferentes dificuldades de diagnósticos. É o que acontece no diagnóstico dos fatores de degradação de solo pelas atividades agrícolas em relação aos fatores de degradação de solo oriundos de atividades industriais ou de engenharia: para atividades que causam grandes distúrbios, como as minerações, áreas de empréstimos para a construção de barragens e aterros ou grandes e médias obras da engenharia pesada, é muito fácil a caracterização, contrariamente àquelas onde a degradação ocorre de maneira lenta e gradual, como a observada por atividades agrícolas.

O conceito de degradação tem sido geralmente associado aos efeitos ambientais considerados negativos ou adversos e que decorrem principalmente de atividades ou intervenções humanas. Raramente o termo se aplica às alterações decorrentes de fenômenos ou processos naturais. O conceito tem variado segundo a atividade em que esses efeitos são gerados, bem como em função do campo do conhecimento humano em que são identificados e avaliados. De acordo com o uso atribuído ao solo, a definição de degradação pode variar como já comentado, dependendo da área profissional envolvida, como podemos verificar a seguir:

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da sua NBR 10703, a degradação do solo é apontada como sendo a “alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos e os em planejamento como os potenciais”. O conceito contempla o entendimento do solo enquanto espaço geográfico, ou seja, extrapola o sentido de matéria ou componente predominante abiótico do ambiente. Além disso, ao citar a expressão “alteração adversa”, sugere a aproximação com o conceito de efeito ou impacto ambiental considerado negativo. Todavia, em outra norma, a NBR 13030 (específica para mineração), definem-se áreas degradadas como “áreas com diversos graus de alterações dos fatores bióticos e abióticos, causados pelas atividades de mineração”, mantendo a noção de alteração, porém sem vinculação com o uso do solo.

Já o Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração do IBAMA define que a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou

enterrada; e a qualidade e o regime de vazão do sistema hídrico forem alterados. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento socioeconômico.

Nas áreas das ciências biológicas e nos campos geomorfológico e paisagístico, é considerado o conceito de perturbação ou distúrbio (*disturbance*). No caso da área biológica, esse conceito está mais ligado aos aspectos relacionados à evolução de ecossistemas, onde as alterações são resultantes de atividades humanas, impossíveis de serem corrigidas rapidamente e podendo ser divididas de acordo com três situações influenciadas pelo caráter temporal: os distúrbios súbitos e inesperados, como os decorrentes de acidentes ou falhas de origem tecnológica em processos industriais; os distúrbios que ocorrem em período de tempo significativo, mesmo tendo sido detectados apenas recentemente, como os derivados de descargas de efluentes industriais; e os distúrbios planejados, como os de mineração em superfície.

Já nos campos geomorfológico e paisagístico, esse conceito assume uma perspectiva espacial (*land disturbance*), correlacionando-o com os efeitos geomorfológicos produzidos na paisagem por diferentes atividades humanas como mineração em superfície, urbanização, pastagem, agricultura, usos recreativos e construção civil. Muitos desses distúrbios têm importância menor ou são transitórios e a paisagem pré-existente pode ser recuperada para uma forma aceitável de produtividade e em conformidade com um plano de uso prévio.

Fundamentados em observações do campo agrônomo, Law & Miller (1989), diferenciam processos e fatores de degradação do solo, em que os primeiros correspondem às ações e interações químicas, físicas e biológicas que afetam a capacidade de autodepuração do solo (*soil*) e a sua produtividade; os segundos compreendem os agentes e catalisadores naturais ou induzidos pelo homem, que colocam em movimento os processos e causam alterações nas propriedades do solo e nos seus atributos de sustentação da vida.

Entre os processos de degradação induzidos pelo homem, Law & Miller (1989) citam a compactação, a erosão acelerada, desertificação, salinização, lixiviação e acidificação; entre os fatores causadores da degradação, os autores mencionam a agricultura, indústria e urbanização. Segundo eles, as alterações produzidas pelos processos geram, entre outros aspectos, efeitos negativos sobre a qualidade ambiental, estabelecendo, então, a relação com o conceito de solo enquanto espaço geográfico (*land*) e, assim, o sentido amplo de degradação do solo (*land degradation*).

Ainda no campo agrônômico, além dos processos de degradação citados acima, a degradação de terras agrícolas deve enfatizar também os aspectos econômicos, uma vez que a perda de produtividade pode estar relacionada com a degradação do solo. Desta maneira, Power & Myers, citado por Diase Graffith (1998), definem a qualidade de um solo como a sua capacidade de manter o crescimento vegetal, o que inclui fatores como agregação, conteúdo de matéria orgânica, profundidade, capacidade de retenção de água, taxa de infiltração, capacidade tampão de pH, disponibilidade de nutrientes, etc.

Do ponto de vista da Engenharia Civil, certamente o conceito de solo degradado deve estar relacionado com a alteração da sua capacidade de se manter coeso e como meio físico de suporte para edificações, estradas, etc. Ou seja, a densidade do solo é um bom critério para se avaliar a existência ou não de degradação. Em termos agrônômicos, solos adensados ou compactados podem caracterizar um processo de degradação (redução de sua taxa de infiltração, limitação na circulação de oxigênio, impedimento físico para o crescimento das raízes, menor disponibilidade de nutrientes, etc.). Por outro lado, essa característica é desejável como meio de suporte para edificações, ferrovias, rodovias, etc.

Os exemplos citados anteriormente evidenciam o fato de que o conceito de degradação e qualidade de solo pode ser relativo, dependendo da finalidade do uso atribuído a ele. No entanto, na medida em que se possa caracterizar a degradação como qualquer alteração das condições naturais de equilíbrio, o ponto de vista da Engenharia Civil estaria descartado, visto que o uso do solo para as obras de engenharia estaria promovendo essas alterações. Portanto, o conceito de qualidade do solo como indicador da degradação deve ser utilizado a partir de uma visão mais ampla. O único limitante do uso da qualidade do solo como indicador da degradação é a sua operacionalização, ou seja, quais atributos ou características do solo devem ser avaliados e monitorados para definir a manutenção, o ganho ou a perda de qualidade.

De maneira geral, as definições e conceitos contidos na legislação ambiental brasileira não são claros e geram confusão quando o objetivo é comparar o uso específico a ser dado ao site degradado que se deseja recuperar. Enfim, embora controverso e não consensual, o conceito de degradação do solo parece estar sempre associado à noção de alteração ambiental adversa gerada por atividades humanas.

6.3 Recuperação, reabilitação e restauração

De maneira similar às conceituações de áreas degradadas e degradação do tópico anterior, a literatura técnica e os textos da legislação ambiental brasileira em vários níveis também deixam dúvidas e contradições sobre as definições exatas dos termos recuperação, reabilitação e restauração, que em muitos casos são apontados como diferentes e em outros como sinônimos. Novamente a literatura é relativamente vasta e podem ser encontradas referências nas diferentes áreas do conhecimento. Observa-se que os termos recuperação, reabilitação e restauração têm sido geralmente apresentados e discutidos não apenas nos aspectos que caracterizam suas execuções, mas principalmente em função dos seus objetivos e metas. De modo geral, os termos se referem ao caminho inverso à degradação e são importantes para facilitar a comunicação entre os interessados na escolha do processo a ser adotado na área degradada.

6.3.1 Recuperação

A legislação federal brasileira menciona que o objetivo da recuperação é o “retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio-ambiente” (DECRETO FEDERAL 97.632/89). Esse decreto vai de encontro ao estabelecido pelo IBAMA, que indica que a *recuperação* significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com o plano pré-estabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estáticos e sociais da circunvizinhança. Significa também que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem. Griffith (1986) definiu recuperação como a reparação dos recursos ao ponto que seja suficiente para restabelecer a composição e a frequência das espécies encontradas originalmente no local. Neste caso, ele procura sintetizar a definição do processo quando utilizado em unidades de conservação.

6.3.2 Reabilitação

Segundo Majer (1989), a reabilitação é o retorno da área degradada a um estado biológico apropriado. Esse retorno pode não significar o uso produtivo da área a longo prazo, como a implantação de uma atividade que renderá lucro, mas sim a utilização da área com objetivos menos tangíveis em termos monetários, visando, por exemplo, à recreação ou à valorização estético-ecológica. Exemplos de reabilitação

para fins recreativos é a raia olímpica da Cidade Universitária da USP, instalada em uma antiga área de extração de areia em planície aluvionar do Rio Pinheiros, a construção do parque esportivo Cidade de Toronto, instalado em área de antiga extração de areia, e do Centro Educacional e Recreativo do Butantã, instalado em área de antiga pedreira, além do lago do parque Ibirapuera, instalado em antiga cava de extração de areia. Todas esses são da cidade de São Paulo-SP.

6.3.3 Restauração

O termo restauração refere-se à obrigatoriedade do retorno ao estado original da área, antes da degradação. Esse termo é o mais impróprio a ser utilizado para os processos que normalmente são executados. Por retorno ao estado original entende-se que todos os aspectos relacionados com topografia, vegetação, fauna, solo, hidrologia, etc. apresentem as mesmas características de antes da degradação. Ou seja, trata-se de um objetivo praticamente inatingível, uma vez que restaurar um ecossistema para fazê-lo recuperar sua função é técnica e economicamente questionável. Embora alguns profissionais que atuam na área ambiental tenham equivocadamente essa meta, torna-se necessária uma nova conscientização deles sobre a inviabilidade deste processo.

6.4 Integração e evolução dos conceitos

Os conceitos de degradação, recuperação e congêneres geralmente são considerados de modo integrado. A perspectiva de classificação das condições de um ecossistema face às reflexões sobre o desenvolvimento sustentável, segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e o Fundo Mundial para a Natureza (WWF), traz uma análise conceitual ampla, identificando primeiramente os sistemas naturais como os ecossistemas onde, desde a revolução industrial em 1750, o impacto do homem não foi maior do que o de quaisquer outras espécies nativas, e não afetou a estrutura do mesmo. Neste caso, a mudança climática foi excluída da definição, porque as mudanças climáticas causadas pelo homem deveriam afetar todos os ecossistemas e eliminar todos os ecossistemas naturais como definidos aqui (BITTAR, 1997).

A partir deste ponto, a abordagem da UICN classifica os ecossistemas em quatro tipos: modificados, cultivados, construídos e degradados, sendo que esses últimos são definidos como os ecossistemas cuja diversidade, produtividade e condição para habitação foram enormemente reduzidas. A degradação dos ecossistemas da terra

é caracterizada por perda de vegetação e de solo; a dos ecossistemas aquáticos é frequentemente caracterizada por águas poluídas que podem ser toleradas por poucas espécies.

Assim, de acordo com esse conceito, os sistemas degradados são considerados insustentáveis, sendo que somente a sua recuperação ou reabilitação permitiria levá-los à condição de potencialmente sustentáveis, situando-os, em sequência invertida, nas categorias de sistemas construídos, cultivados ou modificados. Negligenciar ou abandonar a área pode levar tanto à recuperação espontânea do ambiente quanto à continuidade e a intensificação do processo de degradação. Ao considerar a associação em relação ao futuro, a abordagem incorpora o conceito de sustentabilidade ambiental à questão da recuperação de áreas degradadas.

Finalmente, é importante ressaltar que, apesar de haver distinção por muitos autores e profissionais envolvidos na área ambiental dos conceitos anteriormente discutidos, quando realizamos uma breve análise comparativa entre as diferentes abordagens do tema e suas aplicações às áreas degradadas, é possível verificar uma evolução dos conceitos ao longo das últimas décadas. De maneira geral, observa-se uma passagem do objetivo amplamente difundido de procurar restabelecer as condições originais do sítio degradado para a busca de situações em que a estabilidade do ambiente e a sua sustentabilidade sejam garantidas. Além disso, é notável a crescente abordagem de recuperação de áreas degradadas como um processo que deve ser realizado mediante um plano previamente elaborado e com objetivos bem estabelecidos e explicitados

6.5 Degradação ambiental

Pode ser considerada como a perda total ou parcial da potencialidade ambiental de uma determinada área, se refletindo na descaracterização de sua biodiversidade, de seus solos e dos seus recursos hídricos. A referida área apresenta limitações para sustentar a “vida” com qualidade afetando direta e indiretamente a biodiversidade terrestre, marinha (rios, lagos e oceanos), a sustentabilidade dos solos (produção, geração de renda e êxodo rural) e dos recursos hídricos quanto ao seu volume e potabilidade (PRADO et al., 2005).

A degradação pode ocorrer por processos naturais geológicos e/ou exploração inadequada dos recursos naturais, em diversas atividades como, por exemplo, agricultura, indústrias e construção civil (TAVARES et al., 2008).

A qualidade do solo, que é definida por valores relativos à sua capacidade de cumprir uma função específica, é afetada diretamente pelos processos erosivos e pode ser

determinada para diferentes escalas: campo, propriedade agrícola, ecossistema e região. Vários são os tipos de degradação dos solos. Como exemplo pode-se citar:

- a) Erosão hídrica: perda de horizontes superficiais, deformação do terreno, movimento de massa, deposição.
- b) Erosão eólica: perda de horizontes superficiais, deformação do terreno, movimento de massa, deposição.
- c) Química: perda de nutrientes e/ou matéria orgânica, desbalanço de nutrientes, salinização, acidificação, poluição.
- d) Física: compactação, selamento ou encrostamento superficial, inundação, aeração deficiente, excesso ou falta de água.
- e) Biológica: redução da biomassa, redução da biodiversidade (HERNANI et al., 2002).

Vale ressaltar que, em ambientes tropicais e subtropicais, a principal causa da degradação do solo é a erosão hídrica e as atividades que contribuem para o aumento das perdas do solo. De acordo com estudos do ISRIC/UNEP, em parceria com a Embrapa Solos, 15% das terras do planeta já foram severamente degradados por atividades humanas. Dentre as formas mais comuns de degradação, destacam-se a perda da camada superficial (70%), a deformação do terreno (13%), a perda de nutrientes (6,9%) e a salinização (3,9%) (HERNANI et al., 2002).

6.5.1 Degradação da vegetação

A derrubada e/ou queima dos diferentes tipos de vegetação nos diversos biomas como a Floresta Amazônica, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Campos etc, visando ao uso seja pela atividade agropecuária, à exploração madeireira (movelaria, carvão, engenharia civil) ou à exploração mineral, têm sido apontadas como as principais causas de destruição da vegetação. Essas práticas deixam o solo exposto à ação da chuva e do vento, além de destruir a matéria orgânica, principal responsável pela fertilidade e vida do solo (CAPECHE et al., 2004). Nas figuras 6.1 a 6.4 são mostrados exemplos de ações que levam à degradação da biodiversidade vegetal.



Figuras 6.1 e 6.2 – Desmatamento em área de floresta (esq.) e da queimada em pastagem (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.3 e 6.4 – Corte e transporte de madeira florestal (esq.) e fornos de carvão (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.5.2 Degradação dos recursos hídricos

6.5.2.1 Distribuição da água no planeta Terra

A água doce é o bem mais precioso da humanidade, pois nenhum ser vivo consegue sobreviver sem ela. Entretanto, sua quantidade no planeta Terra é limitada e bem inferior à da água salgada dos mares e oceanos. A água doce disponível para o ser humano, plantas e animais é mais restrita ainda, conforme observado na figura 6.5, que representa a distribuição da quantidade de água no planeta Terra.

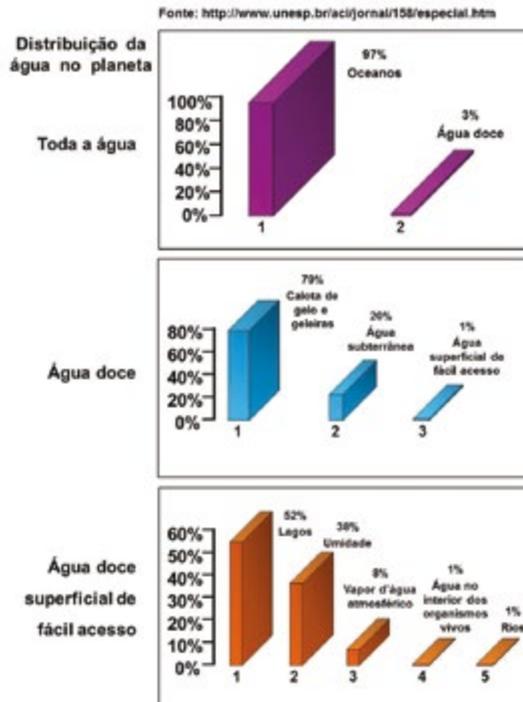


Figura 6.5 – Distribuição do percentual da água no planeta Terra.

Fonte: adaptado de Unesp (2013).

Os recursos hídricos (nascentes, córregos, rios, lagos, aquíferos, lagoas, glaciares, manguezais e mares) são fundamentais para a sobrevivência do ser humano e da biodiversidade animal e vegetal, por fornecerem água, alimentos, matéria-prima para diversos produtos, abrigo, ambientes de reprodução, lazer e qualidade de vida (Figuras 6.6 a 6.9).



Figuras 6.6 e 6.7 – Água pura para o homem e os animais.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.8 e 6.9 – Água para cultivo e irrigação das lavouras.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Segundo Prado (2004), diante da escassez mundial de água doce, o Brasil encontra-se em situação confortável, pois detém aproximadamente 14% do total disponível para atender às demandas da humanidade e manutenção da vida no planeta. Entretanto, a distribuição da água no país não é homogênea, tanto naturalmente (a Região Norte possui abundância de água enquanto a Região Nordeste sofre com as secas), como socialmente (muitas pessoas não têm acesso à água doce existente, principalmente, tratada). Além disso, em regiões onde o contingente populacional é maior, grande parte dos recursos hídricos enfrenta problemas de qualidade da água e já não pode ser usada para abastecimento doméstico e de lazer (Figuras 6.10 e 6.11).



Figuras 6.10 e 6.11 – Ocupação desordenada por construções nas margens de um rio (esq.) e detalhe de lixo acumulado nas margens da Baía da Guanabara (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Quando a utilização dos recursos naturais (solos, água e vegetação) é feita de forma inadequada, a qualidade e quantidade de água doce disponível para os mais diversos usos na área rural e nas cidades pode ser prejudicada. (TAVARES et al., 2008).

Entre os usos da água doce no Brasil, a agricultura é quem mais consome depois da indústria e o uso pela população em geral (residências, escolas, comércio, lazer,

etc) (PRADO et al., 2005). Essa distribuição pode ser vista de forma esquemática na figura 6.12.

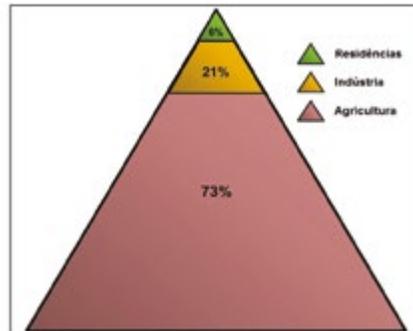


Figura 6.12 – Detalhe da distribuição da quantidade de água utilizada no Brasil.

Fonte: adaptado de Prado et al., (2005).

Diversos são os fatores que levam à deterioração da água, podendo ser classificados, quanto à origem, como fatores de fonte pontual ou de fonte difusa. As fontes pontuais de poluição se caracterizam, essencialmente, pelos resíduos domésticos e industriais; já as fontes difusas são caracterizadas pelos resíduos provenientes das atividades agropecuárias (fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, entre outros) e, ainda, pelo escoamento superficial que na área urbana transporta resíduos de pátios de instalações industriais, postos de gasolina e outros (PRADO, 2004).

6.5.2.2 Processo de eutrofização

Uma das principais causas de redução da qualidade da água é a eutrofização, que significa o processo de enriquecimento dos corpos hídricos por nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio), podendo ocorrer sob condições naturais ou artificiais (aplicação de fertilizantes, dejetos orgânicos, efluentes industriais).

Este incremento de nutrientes propicia o desenvolvimento de algumas espécies de algas e a diminuição do oxigênio na água, favorecendo o aumento de bactérias anaeróbias, podendo atribuir sabor e cheiro desagradável ao líquido, restringindo o seu uso. A redução do oxigênio muitas vezes causa a morte da ictiofauna – peixes (PRADO, 2004).

Pensando na proteção e manutenção da qualidade dos mananciais d'água, esses devem ter uma faixa de vegetação ao redor, que varia em largura em função da área a ser protegida (nascentes, córregos e rios), evitando que a erosão carregue solos e outros resíduos para dentro delas. Essa faixa de vegetação é denominada de

“mata ciliar” (Figuras 6.13 e 6.14), por ter a mesma função de proteção dos rios de nossos olhos (CAPECHE et al., 2004). As figuras 6.15 e 6.16 mostram exemplos de margens desprotegidas.



Figuras 6.13 e 6.14 – Imagens de mata ciliar nas margens de rios.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.15 e 6.16 – Imagens de um córrego na área rural (esq.) e de rio na cidade sem mata ciliar (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.5.3 Degradação dos solos

Como degradação do solo, entende-se a deterioração ou desgaste de suas características químicas, físicas, morfológicas e biológicas, como por exemplo, a perda da quantidade de solo e de seus nutrientes, a destruição da matéria orgânica, a compactação, a poluição causada por adubos químicos e pesticidas etc.

Ela é causada, por exemplo, pelo desmatamento, queimadas, preparo excessivo do solo agrícola principalmente quando realizado no sentido morro abaixo, monocultivo, adubação em doses erradas e sem a recomendação da análise química, uso indiscriminado de agrotóxicos, pastagens mal manejadas, irrigação inadequada, construção de residências e prédios em áreas sujeitas a desmoronamento, despejo de lixo e rejeitos industriais em locais impróprios, entre outros (Figuras 6.17 a 6.24).



Figuras 6.17 e 6.18 – Detalhes do preparo excessivo do solo – aração e gradagem (esq.) e do preparo no sentido “morro abaixo” (dir.).

Fotos: Sérgio Gomes Tosto (esq.) e Cláudio Lucas Capeche (dir.).



Figuras 6.19 e 6.20 – Visão de lixo despejado em local inadequado.

Fotos: Sérgio Gomes Tosto (esq.) e Cláudio Lucas Capeche (dir.).



Figuras 6.21 e 6.22 – Detalhes de áreas de pastagens degradadas com intensa erosão.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.23 e 6.24 – Detalhes do desperdício de água pelo uso de irrigação inadequada.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.5.3.1 Erosão

Um dos principais agentes causadores da degradação ambiental é a erosão. Ela traz consequências negativas para o agricultor e sua família, pois destrói sua terra e mananciais hídricos, além de reduzir a produtividade agropecuária levando o agricultor à pobreza e mudança para as cidades, agravando os problemas socioeconômicos e ambientais dos municípios e cidades.

A erosão dos solos pode ser um processo geológico, também chamado de natural, ou um processo antrópico, isto é, causado pela ação do ser humano (CURI et al., 1993; BAHIA et al., 1992). Esta última forma é uma das maiores ameaças à agricultura e ao meio ambiente, devido à utilização inadequada do recurso solo (Figuras 6.25 e 6.26).



Figuras 6.25 e 6.26 – Detalhe de erosão geológica modelando a superfície do terreno (esq.) e erosão antrópica em área de pastagem (dir.), ambas em relevo montanhoso.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

A velocidade do processo erosivo está diretamente associada aos fatores extrínsecos e intrínsecos do solo. Os seus efeitos negativos são sentidos, progressivamente, devido à perda das camadas mais férteis do solo, podendo ter como consequência a redução de produtividade das culturas e o aumento dos custos de produção, com a demanda por mais insumos para poder manter a produtividade. Finalmente, tem-se o esgotamento total do solo e seu posterior abandono. O problema da erosão assume proporções alarmantes em muitas regiões do País e tende a se agravar, sendo observadas variadas formas, desde a erosão laminar, em sulcos e as voçorocas (MACEDO et al., 2009). As figuras 6.27 a 6.30 mostram situações graves de erosão.



Figuras 6.27 e 6.28 – Detalhes da degradação ambiental causada pela erosão (voçorocas).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.29 e 6.30 – Detalhes da degradação ambiental causada pela erosão – voçoroca na margem de uma estrada (esq.) e erosão laminar com deslizamento em uma área recém-preparada para plantio (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Na Tabela 6.1 pode ser observada a estimativa de perda de solo e água no Brasil ao longo de um ano provocada pela erosão.

Tabela 6.1 – Estimativa de perda de solo e de água por erosão hídrica no Brasil em função do uso do solo.

ESTIMATIVA DE PERDA ANUAL DE SOLO E DE ÁGUA POR EROSÃO HÍDRICA NO BRASIL EM FUNÇÃO DE OCUPAÇÃO DO SOLO					
TIPO DE OCUPAÇÃO	ÁREA OCUPADA	PERDA DO SOLO		PERDA DE ÁGUA	
		MÉDIA t/ha/ano	TOTAL t/ano	MÉDIA m ³ /ha/ano	TOTAL bilhões m ³ /ano
Lavouras	50.104.483	15,0	751.567.248	2.519	126.213
Pastagens	177.700.471	0,4	71.080.189	252	44.781
TOTAL	227.804.955	—	822.647.436	—	170.994

Fonte: adaptado de Manzatto et al. (2002).

6.5.3.2 Principais tipos de erosão nas regiões tropicais

- a) **Hídrica** – é a erosão provocada pela ação da água. Ela faz parte do ecossistema e está relacionada com o escoamento superficial, que é uma das fases do ciclo hidrológico. Correspondente ao conjunto de águas que, sob a ação da gravidade, movimenta-se na superfície do solo no sentido da sua pendente. A forma e a intensidade da erosão hídrica, embora estejam relacionadas com atributos intrínsecos do solo, são mais influenciadas pelas características das chuvas, da topografia, da cobertura vegetal e do manejo da terra, ocorrendo a interação de todos esses fatores. As características das chuvas determinam o seu potencial erosivo, isto é, a capacidade de causar erosão. O potencial erosivo é avaliado em termos de erosividade, que é a medida dos efeitos de impacto, salpico e turbulência provocados pela queda das gotas de chuva sobre o solo, combinados com os da enxurrada, que transportam as partículas do solo (EMBRAPA, 1980). As principais formas de expressão da erosão hídrica são a laminar, em sulcos e em voçorocas.
- b) **Eólica** – é a erosão provocada pela ação dos ventos. No Brasil, não é a forma mais grave, porém, em algumas regiões específicas do País ela promove processos acelerados de desertificação, principalmente nas regiões Nordeste e Sul.

A erosão eólica será mais intensa quanto maior a velocidade do vento e a área livre de vegetação ou obstáculos naturais. A erosão eólica está mais relacionada às grandes planícies sem cobertura vegetal. Nessas regiões, a energia cinética do vento desloca partículas do solo, desde as mais finas (argila e silte) até as mais grosseiras (areia). A distância de deposição está diretamente relacionada à intensidade e à duração do processo (EMBRAPA, 1980).

6.5.3.3 Etapas do processo de erosão hídrica

Segundo Bahia et al. (1992), a erosão hídrica é um processo complexo que ocorre em quatro fases: impacto das gotas de chuva; desagregação de partículas do solo; transporte e deposição.

- a) **Impacto** – as gotas de chuva que golpeiam o solo desprendem suas partículas no local do impacto; transportam, por salpicamento, as partículas desprendidas e imprimem energia em forma de turbulência à água da superfície.

- b) Desagregação – a precipitação que atinge a superfície do solo inicialmente provoca o umedecimento dos agregados, reduzindo suas forças coesivas. Com a continuidade da chuva e o impacto das gotas, os agregados são desintegrados em partículas menores e ocorre o processo de salpicamento. A quantidade de agregados desintegrados em partículas menores e salpicados cresce com o aumento da energia cinética da precipitação, que é função da intensidade, da velocidade e do tamanho das gotas da chuva.
- c) Transporte – só ocorre a partir do momento em que a intensidade da precipitação excede a taxa de infiltração, que tende a decrescer com o tempo, tanto pelo umedecimento do solo como pelo efeito decorrente do selamento ou encrostamento superficial. Uma vez estabelecido o escoamento, a enxurrada se move no sentido da declividade (morro abaixo), podendo concentrar-se em pequenas depressões, mas sempre ganhará velocidade à medida que o volume da suspensão e a declividade do terreno aumentarem. Com isso, a sua capacidade de gerar atrito e desagregação se amplia.
- d) Deposição – ocorre quando a carga de sedimentos é maior do que a capacidade de transporte da enxurrada.

Na erosão eólica ocorrem os mesmos processos de desagregação (impacto de pequenas partículas carregadas pelo vento sobre rochas e solo), de transporte pelo vento e de deposição do solo/sedimentos transportados (TAVARES et al., 2008).

6.5.3.4 Compactação do solo

Outra característica que aponta para a degradação ambiental é a compactação do solo que ocorre, normalmente, numa profundidade de 20 a 40 cm, devido a vários fatores. Pode ser uma característica natural do solo (horizonte subsuperficial B textural) ou antrópica, com o tráfego intenso de máquinas e implementos agrícolas; preparo do solo com excesso de umidade - principalmente os mais argilosos; o uso de arado e grade para preparar o terreno (conhecido por pé de arado); o impacto da gota da chuva sobre o solo (neste caso a compactação ocorre bem na superfície, entre 2 cm e 3 cm, também conhecido por “selamento”); ausência de adubação ou quando esta é feita de forma errada sem considerar a análise de fertilidade; manejo da pastagem com número excessivo de animais por área e/ou capim inadequado nas pastagens; queimada, entre outros.

A figura 6.31 mostra uma representação da situação de compactação no solo, tendo como destaque a camada compacta no lado esquerdo com o pequeno

desenvolvimento do sistema radicular e conseqüentemente da planta. O lado direito representa uma situação oposta, um solo sem compactação, refletindo no perfeito crescimento das raízes e da planta. Nas figuras 6.32 e 6.33 é mostrada uma comparação da compactação em profundidade no solo.

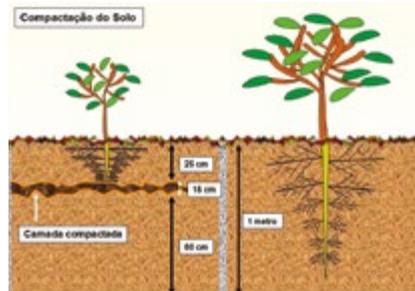


Figura 6.31 – Representação da compactação do solo e do crescimento vegetal.

Ilustração: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.32 e 6.33 – Detalhe da camada compactada no solo (em cima) e de um solo com boa penetração de raízes – sem compactação (embaixo).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Na figura 6.34 pode ser observado o efeito da compactação e da erosão em sulco causada pelo “pé de arado” numa área recém-plantada com soja.



Figura 6.34 – Erosão em sulco causada pela compactação do solo.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.6 Manejo e conservação do solo, da água e da biodiversidade

O homem com sua capacidade de pensar e decidir, associada à responsabilidade de seus atos, tem o dever, como cidadão e “gestor” da natureza, de praticar ações dignas, que assegurem sustentabilidade ambiental, no espaço territorial em que vive, gerando benefícios permanentes para si e para a sociedade.

Particularizando-se o produtor rural, sua sublime missão de produzir alimentos e outros bens (para o campo e cidade) exige permanente zelo e conhecimento para que seja garantida a exploração harmônica dos recursos naturais, de modo a assegurar sua sustentabilidade ambiental, econômica e social. (NOBRE, 2007).

Portanto, para se proteger o solo, os recursos hídricos e a vida animal e vegetal, é importante criar uma mentalidade conservacionista. Por isso, torna-se vital ter em mente os princípios conservacionistas básicos: planejamento de uso da propriedade agrícola; manutenção da fertilidade do solo (correção e adubação); cobertura do solo (vegetação verde ou morta); água no solo (infiltração e armazenamento superficial ou interno); sistemas de produção adequados e solo sem erosão.

Para que esses princípios básicos possam ser seguidos, uma série de técnicas agrícolas deve ser utilizada por todos que lidam com as atividades rurais a fim de se alcançar a sustentabilidade agrícola (BERTOLINE et al., 1994).

6.6.1 Planejamento conservacionista

O planejamento conservacionista da propriedade nada mais é do que o planejar toda a atividade agropecuária, florestal, de preservação e turismo rural, de acordo com a vocação ou aptidão agrícola dos solos (SANTA CATARINA, 1994).

Embora possa parecer que as terras possuam características pedológicas semelhantes, é certo que essas características podem variar de área para área, dentro da mesma propriedade. O planejamento determinará as áreas mais apropriadas para o plantio de culturas anuais, perenes, pastagem e reflorestamento, entre outras e determinará as medidas de controle à erosão a serem adotadas (Figura 6.35). Cada tipo de solo tem sua aptidão (RAMALHO & BEEK, 1994), isto é, os solos devem ser usados com culturas mais adequadas a sua capacidade de uso.



Figura 6.35 – Vista geral de uma propriedade bem manejada com planejamento conservacionista – relevo mais elevado com cultura perene (café) e reflorestamentos e as áreas baixadas e de relevo menos inclinado, com pastagem.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

Por exemplo, existem solos arenosos, argilosos ou de textura média, rasos ou profundos, com diferentes quantidades de matéria orgânica, com ou sem pedras, solos de áreas secas ou encharcadas e que estão associados a diferentes relevos, como as planícies, topo-de-morro, meia encosta e fundo de vales (baixadão).

No planejamento conservacionista devem ser observadas as seguintes características:

- a) Do solo – textura: argiloso/barrento ou arenoso; profundidade: profundo ou raso; pedregosidade: presença ou ausência de pedras/rochas; teor de matéria orgânica: se apresenta muito ou pouco material vegetal/animal em decomposição; atividade biológica: presença de organismos da meso e micro fauna/flora; etc.
- b) Do relevo – plano; com pequenas colinas ou com morros; ou montanhoso.

- c) Da vegetação – capoeira, matas, florestas, culturas ou pastagem, ou sem vegetação.
- d) De excesso de água – ocorrência de afloramento de umidade ou susceptível a alagamento (solos de várzea).

Elas indicarão as áreas adequadas para culturas anuais (que são plantadas e colhidas uma ou duas vezes no ano, como o milho, arroz, hortaliças e olerícolas); culturas perenes (demoram mais de um ano para serem colhidas, como o café, laranja, banana, cana de açúcar); reflorestamento; preservação da vegetação e da fauna; construção civil, entre outros.

Por exemplo, os solos arenosos são mais fáceis de sofrerem erosão do que os argilosos. Isso acontece porque nos solo arenosos as partículas que formam a sua estrutura estão muito soltas, o que favorece a ação do vento e da água da chuva – destruição e arraste das partículas e dos agregados do solo. Já nos solos argilosos, existe uma ligação muito forte das suas partículas ou agregados, dificultando seu arraste pela água ou vento. Mas isso não quer dizer que não ocorra erosão nesses solos. A erosão ataca qualquer tipo de solo quando mal manejado e sem práticas de conservação, causando grandes prejuízos.

6.6.1.1 Classificação das práticas conservacionistas

O planejamento de uso da propriedade inclui ainda a utilização de técnicas conservacionistas que visam reduzir e/ou impedir o impacto direto das gotas da chuva sobre a superfície do solo, melhorar a fertilidade do solo e favorecer a infiltração da água da chuva e da irrigação (SANTA CATARINA, 1994).

6.6.2 Práticas vegetativas

A vegetação promove uma proteção direta, amenizando o impacto das gotas de chuva pela interceptação, dispersão, evaporação, aumento do atrito e diminuição da velocidade do escoamento superficial. A vegetação atua ainda fornecendo matéria orgânica e nutrientes, incorporando carbono e favorecendo a atividade biológica do solo (Figura 6.36).



Figura 6.36 – Visão geral do importante papel da vegetação no ambiente, tendo-se ao fundo uma exuberante mata e, mais abaixo, uma parte da área de plantio com gramíneas (verde e amarelada) e ao lado uma parte do terreno sendo preparado para plantio, com a incorporação da vegetação seca (palhada).

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.1 Cobertura do solo com vegetação viva

Nas terras que não forem adequadas para plantar culturas anuais (áreas muito inclinadas ou com ocorrência de pedras/rochas, por exemplo) ou quando já estiverem desmatadas é recomendado o reflorestamento (Figura 6.37). Nas terras degradadas podem ser plantadas árvores nativas ou com algum valor comercial, como: eucalipto (*Eucalyptus sp*), pinus (*Pinus sp*), teca (*Tectona grandis*), nim (*Azadirachta indica*), entre outras, com o objetivo de formar uma cobertura vegetal densa, sem deixar o solo exposto e ainda fornecer algum retorno econômico para o agricultor como a produção de madeira ou mel.

Outra solução é plantar pastagem que deve ser bem manejada, caso contrário ela também poderá sofrer erosão. Nas terras com aptidão para a silvicultura, seguir sempre as recomendações técnicas (Figura 6.38). Em qualquer das situações acima, o plantio e manejo das árvores devem seguir as práticas conservacionistas.



Figuras 6.37 e 6.38 – Visão geral de área declivosa e com afloramento de rochas, plantada com eucalipto em fase inicial de crescimento (esq.) e detalhe de reflorestamento com plantio de teca em Mato Grosso (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

As áreas com pastagem também devem seguir as recomendações conservacionistas como na figura 6.39, que apresenta capim bem desenvolvido, plantio em nível, ausência de erosão e ruas de circulação bem locadas.



Figura 6.39 – Exemplo de pastagem bem manejada.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.2 Cordão vegetado

É uma prática simples, recomendada para a pequena e média propriedade, em áreas que não possibilitam a construção de terraços devido à declividade, ou nas quais a mecanização é realizada por tração animal (SANTA CATARINA, 1994).

Consiste no plantio de espécies que apresentem rápido crescimento do sistema radicular e da parte aérea, possibilitando segurar a terra e não deixar que a água da chuva, correndo morro abaixo, provoque erosão (Figuras 6.40 e 6.41).

Algumas espécies usadas são a cana-de-açúcar, capim camerun-anão (elefante-anão), capim-cidreira, capim-vetiver, feijão-guandu, feijão-de-porco, entre outras, que podem ser plantadas em nível ou desnível, dependendo das características do solo.

O cordão vegetal funciona como barreira física, evitando que a água da chuva que não se infiltre, ganhe velocidade e provoque erosão. Portanto, é considerada uma prática conservacionista complementar. Além disso, é bom salientar que algumas espécies utilizadas para formar o cordão vegetal podem ser usadas na alimentação animal, humana ou na industrialização caseira, aumentando a renda familiar.



Figuras 6.40 e 6.41 – Cordões vegetados de feijão-de-porco (esq.) e capim-elefante (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.3 Quebra-ventos ou cortinas vegetais

Existe uma forma de erosão, muitas vezes pouco perceptível ou valorizada, que é a erosão eólica (ação dos ventos). Além da erosão, os ventos fortes são extremamente prejudiciais às culturas, desidratando, queimando e acamando as plantas (MACEDO et al., 2009).

Uma das principais técnicas utilizadas para minimizar os efeitos nocivos dos ventos sobre os solos e culturas é o uso de cortinas vegetais. Elas podem ser plantadas sobre a crista dos camalhões ou mesmo em linhas, demarcando os talhões que estarão protegidos (Figuras 6.42 e 6.43).

A regra básica a ser observada na instalação de quebra-ventos é a proporção entre a altura da cortina vegetal e a área protegida. Normalmente, considera-se 1 metro de altura de quebra-vento para 10 m de proteção.

Os vegetais usados para esse fim são capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*), eucalipto (*Eucalyptus sp*), grevilea (*Grevillea robusta*), cedrinho (*Cupressus lusitânica*), leucena (*Leucaena spp*), sansão-do-campo (*Mimosa caesalpineafolia*), entre outras.



Figuras 6.42 e 6.43 – Quebra-ventos implantados com espécies arbóreas – leucena (esq.) e herbáceas – capim-elefante) (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.4 Plantio em faixas

Também pode ser utilizado o plantio em faixas, que consiste em plantar faixas com duas ou mais culturas diferentes na mesma área e ao mesmo tempo, como por exemplo, milho e feijão, arroz e feijão, milho e mandioca e fruticultura (Figura 6.44).



Figura 6.44 – Fruticultura conduzida em faixas (coco, banana e manga).

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.5 Consórcio de culturas

Ocorre quando são plantadas na mesma área culturas que se complementam, seja para aproveitar o sistema de irrigação, adubação verde, controle de pragas e doenças e recuperação de pastagens degradadas (Figuras 6.45 a 6.48).



Figuras 6.45 e 6.46 – Consórcios de milho com feijão guandu (esq.) e milho com capim braquiária para recuperação de pastagem degradada (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.47 e 6.48 – Consórcios de banana com inhame (esq.) e banana com café (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.2.6 Capina reduzida

Outra prática é não fazer a capina e apenas roçar o mato. Mas se a capina tiver que ser feita, pode-se alternar as linhas ou entrelinhas de plantio, deixando sempre uma cobertura no solo.

6.6.2.7 Cobertura morta

Muito importante também é a cobertura morta composta pela vegetação herbácea seca ou pelos resíduos de culturas colhidas deixados na superfície do solo, em vez de serem enterrados com o arado, a grade ou enxada. Essa palhada ajuda a proteger o solo do impacto das gotas de chuva e do sol. Por exemplo, em solos desnudos a temperatura na superfícies do solo pode facilmente atingir 60 a 65°C durante o dia. Nessas condições, as bactérias que fixam nitrogênio no sistema radicular das leguminosas, como o feijoeiro e a soja, têm sua sobrevivência comprometida. A palhada ainda reduz a incidência de ervas daninhas, diminuindo a necessidade das capinas e, conseqüentemente, a exposição do solo à ação dos agentes erosivos (SATURNINO & LANDERS, 1997). Nas figuras 6.49 e 6.50 pode ser observada a prática de cobertura morta.



Figuras 6.49 e 6.50 – Cobertura morta em plantio direto de feijão sobre pastagem dessecada (esq.) e plantio de milho em palhada de capineira (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.3 Práticas edáficas

Tecnologias utilizadas para melhorar a fertilidade do solo e as condições morfológicas do solo na fase de plantio e condução da lavoura, possibilitando um crescimento rápido e sadio das plantas que promovem uma maior cobertura e proteção do solo contra a chuva (BERTOLINI & LOMBARDI NETO, 1994; SANTA CATARINA, 1994).

6.6.3.1 Fertilidade do solo

Os solos possuem uma determinada quantidade de nutrientes armazenada em seu interior. À medida que as plantas crescem e utilizam os nutrientes do solo, a reserva natural fica cada vez menor e, caso os nutrientes não sejam devolvidos ao solo, este fica cada vez mais fraco. A reposição desses nutrientes é feita através da calagem, que também melhora o pH, e pela adubação mineral e/ou orgânica (MACEDO et al., 2009).

A adubação mineral é feita com fertilizantes conhecidos como superfosfato, cloreto e sulfato de potássio, ureia, calcário, micronutrientes, entre outros. Ela também pode ser usada na forma composta NPK (N – nitrogênio, P – fósforo e K – potássio). Na adubação orgânica é usada a torta de mamona, a farinha de osso, esterco de animais (boi, cavalo, porco, suínos e aves), composto orgânico, húmus de minhoca, entre outras.

Antes da aplicação do calcário e dos fertilizantes, deve ser feita a análise química do solo para saber a quantidade correta de adubo a ser aplicada, evitando o desperdício de dinheiro e a poluição do solo, a qual ocorre quando o adubo é aplicado sem necessidade.

Como foi mencionado anteriormente, é muito importante se conhecer a quantidade de nutrientes que existe em um solo antes de se fazer o plantio. Para isso, é necessário fazer a análise de fertilidade do solo em laboratórios especializados.

A seguir é mostrado na Figura 6.51 o procedimento para a coleta de amostras de solo.

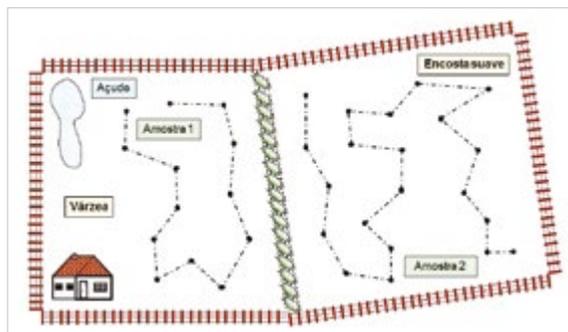


Figura 6.51 – Procedimento de coleta de amostras de solo para análises de fertilidade

Ilustração: Cláudio Lucas Capeche.

- a) Local de amostragem – a área deve ser a mais homogênea possível conforme o tipo de solo (mesma cor, arenoso/argiloso, com muita matéria orgânica ou não); relevo (topo de morro, alto, meio ou baixa encosta, baixada, várzea); condição de umidade (área que encharca periodicamente, área irrigada, área seca); tipo de cultivo – culturas anuais (milho, feijão, hortaliças), culturas perenes (fruticultura, reflorestamento, café) ou pastagem etc;
- b) Evitar as áreas mal drenadas (com acúmulo de água) e aquelas muito próximas a formigueiros, depósitos de adubos, de rodovias, estradas, cercas ou depósitos em geral ou com acúmulo de esterco. Um exemplo prático pode ser visualizado na Figura 6.52;

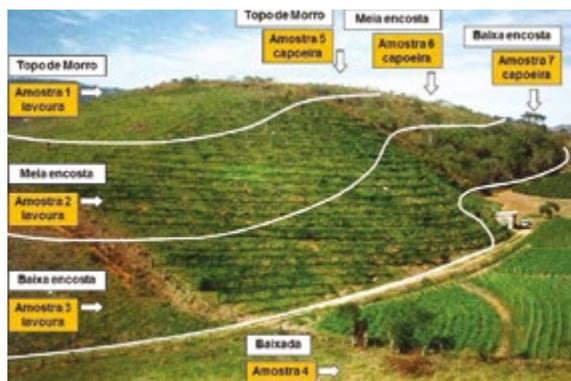


Figura 6.52 – Representação esquemática da localização das áreas para coleta de amostras de solos visando à identificação da fertilidade do solo.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

- c) Época de coleta – a amostragem deve ser feita, pelo menos, dois a três meses antes do plantio, para dar tempo, quando for necessário se utilizar calcário para alterar o pH, deste corretivo reagir com o solo;
- d) Tamanho da área – a amostra pode ser coletada em espaços pequenos, como os canteiros para hortas e jardinagem, até em áreas com grandes dimensões (10.000m² ou maior);
- e) Tipo de amostra – primeiramente são coletadas as amostras simples que, depois de reunidas em um recipiente limpo, são misturadas para resultarem na amostra composta que será enviada para a análise;

- f) Quantidade de amostras simples – é recomendado a retirada de 10 a 15 amostras simples para formar uma composta, em uma área homogênea de até 2 hectares (1 hectare é igual a 10.000 m² ou, aproximadamente, um campo oficial de futebol);
- g) Modo de coleta da amostra simples – caminhar em ziguezague pelo terreno colocando o solo num recipiente limpo (balde de 5 L –10 L ou saco plástico resistente) para evitar contaminação por outros produtos. Não utilizar sacos de adubo ou de ração, vasilhames enferrujados, bem como outros que possam contaminar a amostra e mascarar o resultado da análise. Posteriormente essas amostras serão misturadas para se retirar apenas uma (composta) que será enviada ao laboratório. A amostra composta dever ter aproximadamente de 200 g a 400 g;
- h) Profundidade de coleta da amostra simples – para plantas anuais ou de pequeno porte como milho, feijão, soja, hortaliças, pastagem, ornamentais de pequeno porte e afins, a coleta deve ser feita nos primeiros 20 cm (0 cm – 20 cm). Nos locais escolhidos devem-se remover as folhas, ramos ou galhos da superfície antes da coleta. Para plantas perenes (fruticultura, café, reflorestamento, ornamentais de grande porte) coletar nas profundidades de 0 cm - 20 cm, 20 cm - 40 cm e 40 cm - 60 cm, pois o sistema radicular destas plantas explora um volume maior de solo, alcançando grandes profundidades.
- i) Não se devem misturar as diferentes profundidades. Quando a cultura/planta perene já estiver plantada, a amostragem deve ser feita na área da projeção da copa, isto é, a área da sombra da copa que se forma ao meio dia. Também coletar entre as linhas de plantio;
- j) Identificação da amostra – as seguintes informações devem ser anotadas: nome do proprietário; data e local da amostragem: (estado, município, nome da propriedade, gleba, canteiro, etc); número da amostra; profundidade de coleta; tamanho da área amostrada (m², hectare); relevo (encosta, terra plana, alto do morro, várzea ou baixada);
- k) Frequência de análise – as análises podem ser feitas uma vez por ano, sempre com pelo menos dois a três meses antes do plantio.

As Figuras 6.53 e 6.54 mostram detalhes da coleta de solo e algumas ferramentas utilizadas (enxada, trado holandês, pá, colher de pedreiro e de jardinagem).



Figuras 6.53 e 6.54 – Detalhe da coleta de amostras de solo em área rural para análise da fertilidade (esq.) e algumas ferramentas – enxada, trado holandês, pá, colher de pedreiro e de jardinagem (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.3.2 Preparo do solo e plantio

A forma como o solo é preparado para o plantio é muito importante para o controle da erosão. Quando o preparo e plantio são feitos no sentido morro abaixo, a erosão é muito maior, pois, desse jeito, a água da chuva, ao “descer” o morro pelos canais e sulcos que surgem no terreno, ganha velocidade e forma a enxurrada que arrasta o solo, os adubos, as sementes e mudas (Figuras 6.55 e 6.56).



Figuras 6.55 e 6.56 – Detalhes do preparo do solo e plantio no sentido “morro abaixo” expondo o solo à ação da enxurrada e erosão.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

A maneira correta, ou o sentido certo, de preparar o solo, fazer o plantio e realizar os tratos culturais na lavoura é seguir as curvas de nível no terreno, ou seja, mais ou menos horizontalmente, e não de cima para baixo.

Curva de nível em um terreno declivoso corresponde às linhas imaginárias que podem ser traçadas aproximadamente paralelas ao topo ou base de uma encosta.

É como se fossem os caminhos que os bois e vacas percorrem quando estão andando lateralmente em um morro.

Caso o terreno seja muito inclinado e o trator não possa trafegar de lado, pois pode tombar, deve-se utilizar a tração animal (uso de bois e cavalos para puxar os implementos agrícolas). Sempre que possível, utilizar o sistema de plantio direto das mudas ou sementes em sulcos ou covas sobre a palhada da cultura anterior, ou do mato seco, em vez de revolver o solo com trator e enxada (Figuras 6.57 a 6.62).



Figuras 6.57 e 6.58 – Preparo do solo (aração) com tração mecânica seguindo as curvas de nível.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.59 e 6.60 – Detalhes do preparo de solo (esq.) e construção de terraço em curva de nível utilizando tração animal – junta de bois (dir.).

Fotos: José Ronaldo Macedo.



Figuras 6.61 e 6.62 – Lavoura sem nível de cana-de-açúcar (esq.) e de café (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.3.3 Adubação verde

A adubação verde pode ser conceituada como o manejo de plantas visando à melhoria ou à manutenção da capacidade produtiva do solo. Esse conceito abrange a tradicional prática de incorporação de leguminosas, como também a utilização de outras espécies vegetais, em rotação ou não, para cobertura do solo ou incorporação. Quando a rotação é feita utilizando-se leguminosas como cultura principal ou na forma de adubo verde, consegue-se, ainda, incorporar nitrogênio ao sistema de plantio, reduzindo os custos com fertilizantes nitrogenados. As gramíneas, com seu sistema radicular abundante, contribuem para estruturar o solo ao mesmo tempo em que aumenta o aporte de matéria orgânica abaixo da superfície (SANTA CATARINA, 1994).

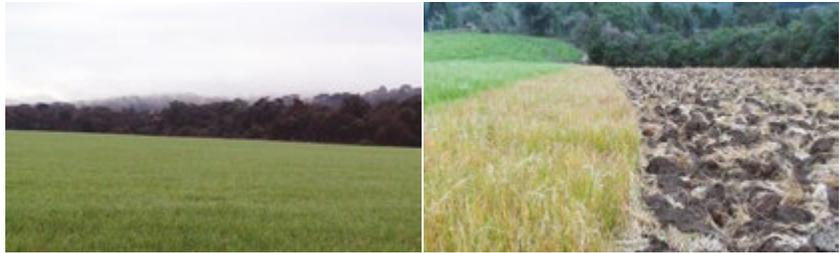
Atualmente, o conceito de adubação verde não se resume, apenas, à incorporação da massa produzida, já que é considerada também como participante do processo de conservação de solo através da prática de rotação de cultura, sucessão ou consorciação, sendo deixada na superfície do solo sem incorporação. Desse modo visa-se proteger o solo contra as variações de temperatura, impacto direto da gota da chuva e ação dos ventos. Nesse contexto, a adubação verde entra no planejamento conservacionista da propriedade.

Como exemplo de plantas tem-se: mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), mucuna-cinza (*Mucuna cinerium*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *ochroleuca*, *paulina* e *spectabilis*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-de-porco (*C. ensiformis*), estilosantes (*Stylosanthes guianensis*), ervilhaca (*Vicia sativa*), tremoço branco (*Lupinus albus*) e aveia preta (*Avena strigosa*). Nas figuras 6.63 a 6.66 são mostradas detalhes da prática de adubação verde.



Figuras 6.63 e 6.64 – Área no Rio Grande do Norte plantada com leguminosas para adubação verde: antes (esq.) e após a incorporação (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.65 e 6.66 – Área em Santa Catarina plantada com gramíneas (aveia preta) para adubação verde. Foto da direita mostra o início da incorporação.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.3.4 Rotação de culturas

Corresponde à alternância do plantio de culturas diferentes, uma após a outra na mesma área, fazendo com que o solo não esgote facilmente, ajudando na proteção contra a erosão e reduzindo a incidência de pragas e doenças (Figuras 6.67 e 6.68). De forma contrária (quando se costuma plantar a mesma cultura, durante muito tempo na mesma área), a prática conhecida como monocultura pode causar um desequilíbrio biológico, ocasionando o surgimento de pragas e doenças.



Figuras 6.67 e 6.68 – Rotações de culturas de soja com algodão (esq.) e de soja com milho (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.3.5 Compostagem

Os resíduos de origem vegetal e animal contêm apreciáveis quantidades de nutrientes, que podem ser aproveitados através de processamento simples, como a compostagem, possível de ser realizada pelo produtor na propriedade.

A compostagem é o processo de decomposição aeróbia dos resíduos orgânicos, produzindo húmus. Os dejetos animais, ricos em nitrogênio, podem ser compostados

de forma exclusiva ou combinada com outros materiais de elevada relação carbono/nitrogênio, como palhadas, bagaços de frutas, serragem etc.

As principais condições para a decomposição efetiva são a qualidade e o tamanho das partículas do material usado, o teor de umidade, a temperatura, a presença de oxigênio, nitrogênio e carbono em proporções adequadas e pH. Aprofundamento do conhecimento em compostagem pode ser obtido em Inácio & Miller(2009).

6.6.3.6 Controle de queimadas

A queima da vegetação é uma prática utilizada a milhares de anos e, infelizmente, ainda bastante usada por grande parte dos produtores rurais. Esse tipo de prática é prejudicial ao solo, pois destrói a matéria orgânica, mata a flora microbiana, dificulta a infiltração da água nas áreas cobertas pelas cinzas e concorre para diminuir a porosidade do solo, provocando a erosão (NEVES, 2012). Recomendações tecnológicas mais detalhadas para reduzir o uso do fogo na área rural podem ser obtidas em Embrapa (2013) e Neves (2012). A seguir é apresentado um resumo das principais:

- a) Fazer a análise do solo para nortear a correção do pH e adubação;
- b) Uso de práticas conservacionistas;
- c) Recuperação de pastagens degradadas;
- d) Diversificação de forrageiras;
- e) Sistema Plantio Direto;
- f) Controle de pragas e doenças (plantas e animais);
- g) Sistemas agroflorestais;
- h) Sistema Integração Lavoura-Pecuária- Floresta;
- i) Zoneamentos;

Segundo Embrapa (2013) e Neves (2012), caso seja necessário realizar uma queimada na agricultura, são necessários os seguintes passos para que sua realização seja menos prejudicial ao solo;

- a) Adquirir autorização prévia do IBAMA;
- b) Fazer aceiros entre pastos e fazendas (com 2 m a 3 m de largura);
- c) Fazer aceiros junto às matas ciliares, às margens dos rios, dos açudes e dos riachos;

- d) Usar fogo de forma branda, com sol frio ou à noite, quando o vento estiver calmo;
- e) Avisar aos vizinhos sobre a queimada que vai realizar.

6.6.4 Práticas mecânicas

Tem como objetivo evitar o escoamento da água da chuva pelo terreno, chamado de enurrada, conduzindo o excesso de água por meio de terraços ou valetas, para locais protegidos com vegetação, como as bacias de retenção, onde será armazenada até sua infiltração, evaporação ou, ainda, ser utilizada por animais. É importante que os sulcos do terreno sejam eliminados através do processo de sistematização, para a regularização da superfície do solo (Figuras 6.69 e 6.70).



Figuras 6.69 e 6.70 – Detalhes da sistematização do terreno eliminando os sulcos no solo.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.4.1 Terraço

É uma estrutura de terra construída em nível ou com pequeno caimento, constituída de camalhão ou murundu e uma valeta na sua parte anterior. Ele serve para reduzir a velocidade da água que escorre no terreno e direcioná-la para canais escoadouros e as bacias de contenção. Os terraços são construídos ao longo do terreno em espaçamento que depende do tipo de solo, declividade, tipo de uso, entre outros fatores (Figuras 6.71 e 6.72).



Figuras 6.71 e 6.72 – Detalhes de terraços para redução da água da chuva que escorre pelo terreno.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Os terraços e os cordões vegetados são utilizados justamente para reduzir a distância que a enxurrada percorre numa encosta e, portanto, a ocorrência da erosão no terreno, conforme mostrado na figura 6.73, onde as três linhas verticais no centro da figura corresponderiam ao local onde os terraços e/ou cordões vegetados seriam implantados. Observa-se que as perdas de solo são reduzidas significativamente à medida que se reduz o espaço percorrido pela enxurrada ao descer a rampa.

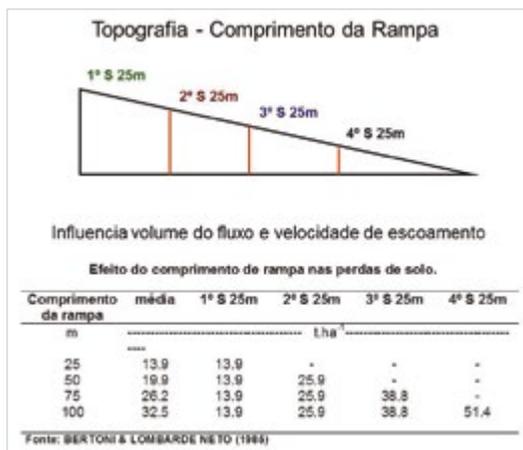


Figura 6.73 – Influência de barreiras nas encostas visando evitar/reduzir a enxurrada e consequente redução de perda de solo.

Fonte: adaptado de Bertoni e Lombarde Neto (1985).

6.6.4.2 Valetas

São estruturas cavadas na terra e instaladas em locais mais declivosos, onde não é possível construir os terraços, para “segurar” a água que escorre pelo terreno (Figuras 6.74, 6.75 e 6.76).



Figura 6.74 – Valeta aberta na terra para reduzir a velocidade da água da chuva.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.75 e 6.76 – Valetas abertas na terra para reduzir a velocidade da água da chuva que escorre pelo terreno. Cafezal (esq.) e lavoura de tomate de mesa (dir.), no Rio de Janeiro.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.4.3 Cordão de pedra

É também uma prática adaptada à pequena propriedade com pedras soltas aflorando à superfície, onde as pedras vão sendo empilhadas em nível. Além de ajudar no controle da erosão, reduz a velocidade de escoamento das águas das chuvas e possibilita o aproveitamento da área, antes cheia de pedras.

6.6.4.4 Bacias de retenção

São estruturas de terra, cavadas no chão, no formato circular ou de “meia lua”, com a finalidade de armazenar a água da chuva que não infiltra no solo e escorre pelo terreno e/ou é conduzida pelos terraços. Funcionam como açudes temporários, isto é, normalmente a água fica armazenada por pouco tempo até infiltrar no solo ou evaporar. As bacias de retenção são construídas de forma a receber a água proveniente dos terraços e por isso estão localizadas comumente no final deles (Figuras 6.77 e 6.78).



Figuras 6.77 e 6.78 – Bacias de retenção da água da chuva que escorre pelo terreno ou são conduzidas pelos terraços.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.6.4.5 Barraginhas

O Sistema Barraginhas consiste em dotar as áreas de pastagens, as lavouras e as beiras de estradas, onde ocorram enxurradas, de vários miniaçudes distribuídos na propriedade, de modo que cada uma retenha a água, evitando erosões e amenizando as enchentes. Ao reter a água de uma chuva intensa, as barraginhas darão tempo para que haja a infiltração no solo, recarregando o lençol freático local (BARROS, 2000). As Figuras 6.79 e 6.80 mostram detalhes de barraginhas em área de pastagem.



Figuras 6.79 e 6.80 – Visão geral das barraginhas instaladas e distribuídas ao longo do terreno em área de pastagem (esq.) e em detalhe (dir.).

Fotos: Maria Sônia Lopes da Silva.

6.6.4.6 Paliçadas

São estruturas que visam reduzir a velocidade de escoamento da água da chuva no interior de sulcos e voçorocas, assim como na superfície do terreno. Podem ser construídas com madeira (bambu, ripas de madeira, galhos de árvores), pneus, sacos de terra, ou pedras (Figuras 6.81 a 6.84).



Figuras 6.81 e 6.82 – Paliçadas de bambu em voçorocas retendo a enxurrada (esq.) e de saco de terra associado com bambu em início de revegetação (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche (esq.) e Adoildo da Silva Melo (dir.).



Figuras 6.83 e 6.84 – Paliçadas de bambu em encostas íngremes que apresentam voçorocas.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche (esq.) e Adoildo da Silva Melo (dir.).

6.6.4.7 Escadas ou canaletas de dissipação

São estruturas de alvenaria, sacos com solo/cimento ou bambu que servem para conduzir, com pouca velocidade, a água da enxurrada da parte alta dos taludes para baixo, sem causar erosão (Figuras 6.85, 6.86 e 6.87).



Figuras 6.85 e 6.86 – Canaleta de cimento (esq.) e de bambu (dir.) para desviar a água em taludes.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche (esq.) e Adoildo da Silva Melo (dir.).



Figura 6.87 – Canaleta na parte de cima do talude de contenção e escada de dissipação de cimento nas laterais para desviar e conduzir a água da chuva e reduzir sua velocidade.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

Recomendação importante: as práticas conservacionistas devem ser empregadas sempre em conjunto e nunca separadamente, pois uma complementa a ação da outra.

Especificações técnicas e metodologia para a determinação da declividade de um terreno e a locação das curvas de nível e terraços, bem como o espaçamento entre eles, estão descritos em detalhes em Macedo et al. (2009).

6.6.4.8 Locação de estradas e caminhos

Um dos principais fatores causadores de erosão nas áreas agrícolas são as estradas vicinais, tão importantes no escoamento da produção. A má locação dessas estradas é responsável, muitas vezes, pelos mais graves problemas de erosão, pois faz com que a água da enxurrada acumule em determinados pontos e em grande volume, ganhando velocidade, o que aumenta o seu potencial erosivo, conforme observado nas Figuras 6.88 e 6.89.



Figuras 6.88 e 6.89 – Detalhes da erosão em estrada rural ocasionada pela drenagem superficial deficiente.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

As estradas devem ser localizadas procurando acompanhar os espigões ou ser construídas de maneira a ficarem com declives suaves. No caso de construção perpendicular aos espigões, os terraços (quando existirem) devem ser respeitados, acompanhando as elevações dos camalhões (Figura 6.90).



Figura 6.90 – Detalhe de terraço acompanhando o declive, desviando a água da estrada para a área do lado direito, de forma que a enxurrada seja distribuída pela superfície do terreno que apresenta pequena declividade.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

Em terrenos com declividade mais acentuada ou em grandes pendentes, recomenda-se, ainda, a construção de bacias de retenção laterais, que têm a função de segurar a água que escorre na estrada, conforme mostrado na Figura 6.91. A associação de ambas tecnologias numa mesma área pode ser vista na Figura 6.92, com os terraços acompanhando a estrada e associados com a bacia de retenção lateral.



Figura 6.91 – Bacia de retenção em área de pastagem para captar a água da enxurrada desviada da estrada.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.



Figura 6.92 – Bacia de retenção em área de lavoura para captar a água da enxurrada desviada da estrada e conduzida pelo terraço.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.7 Sistemas de produção

Sistema de produção pode ser definido como uma prática agrícola que emprega os conceitos conservacionistas na condução da atividade agropecuária (agricultura, pecuária e/ou silvicultura). Ele tem por base a produção agropecuária e florestal sustentável. Como exemplo citam-se os seguintes sistemas:

- a) Sistema Integração Lavoura / Pecuária / Floresta (ILPF) – integra o cultivo de lavouras anuais ou perenes com a criação de animais (bovino, equino, ovino, caprino, entre outros) e a silvicultura. A integração pode ocorrer

abrangendo todas as 3 atividades (cultivos/criação/floresta), ou entre apenas duas delas;

- b) Sistema Agroflorestal (SAF) – também integram todas as atividades, mas com um caráter mais voltado para atender a agricultura familiar;
- c) Sistema Plantio Direto (SPD) – pode ser utilizado para a produção de grãos, oleaginosas, fibras, hortaliças e olerícolas, em rotação de culturas ou em conjunto com pastagens, fruticultura, hortaliças e silvicultura;
- d) Sistema Tomatec (Sistema de Produção de Tomate de Mesa Ecologicamente Cultivado) – utiliza um conjunto de práticas de manejo do solo, irrigação, adubação, condução das plantas, controle de pragas e doenças, manejo adequado de agrotóxicos e proteção física dos frutos (ensacamento), visando produzi-los sem resíduos de agrotóxicos.

Nas Figuras 6.93 a 6.102 são exemplificados os sistemas citados:



Figuras 6.93 e 6.94 – Sistema ILP – lavoura/pecuária, onde se observa a integração do plantio de milho e pastagem (esq.) e fruticultura e pastagem (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.95 e 6.96 – Sistema IPF – pecuária/floresta, onde se observa a integração do plantio de espécies arbóreas com pastagem.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.97 e 6.98 – Sistema SAF, onde se observa a integração do plantio de espécies arbóreas com culturas perenes e anuais (palmito, banana, coco, mandioca, café).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.99 e 6.100 – Sistema Plantio Direto, onde se observa, à esquerda, imagem do plantio de soja sobre palhada de pastagem e, à direita, plantio de milho sobre restos de cultura anterior de milheto.

Fotos: Sérgio Gomes Tosto (esq.) e Cláudio Lucas Capeche (dir.).



Figuras 6.101 e 6.102 – Sistema Tomatec, mostrando as plantas conduzidas na vertical com o ensacamento das pencas.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche (esq.) e Adoildo da Silva Melo (dir.).

6.8 Recuperação de áreas degradadas com voçorocas

A voçoroca é um tipo de erosão que provoca grande perda de solo. Ela é causada, em geral, pela concentração de um grande volume de água em determinado ponto do terreno, que serve de ponto de escoamento da água (Figura 6.103).

O grau de formação e o tamanho da voçoroca variam conforme vários fatores locais: tipo de solo, relevo (declividade da área), vegetação, manejo que é dado ao solo (sistema de plantio e condução da área) etc. Sua evolução pode variar de meses a anos.



Figura 6.103 – Vista geral de uma voçoroca no Estado de Mato Grosso.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

6.8.1 Tecnologias para a Recuperação e Controle

Existem muitas técnicas para controlar a evolução do processo erosivo de voçorocamento e recuperar algumas funcionalidades do ambiente degradado. Essas práticas devem ser realizadas no seu conjunto, pois o uso reduzido ou simplificado delas também leva a efeitos benéficos reduzidos.

6.8.1.1 Isolamento da voçoroca

O isolamento deve ser feito cercando o seu entorno para evitar o acesso de animais que poderiam pisotear o local e comer as plantas utilizadas na revegetação e também para evitar acidentes com pessoas e animais.

6.8.1.2 Ordenamento do escoamento da água da chuva no solo

O mais importante na recuperação de uma voçoroca é evitar que a água da chuva, que escorre sobre o solo, continue sendo direcionada para o interior da voçoroca, provocando o processo de desbarrancamento das suas paredes. Isso é feito

construindo ao redor da voçoroca barreiras físicas para desviar a enxurrada, como terraços, valetas, paliçadas etc.

Essas barreiras retiram a água que seria direcionada para a voçoroca, desviando-a para outras áreas protegidas (grotas vegetadas, áreas de capineira, bacias de retenção). O desnível dos terraços e valetas para o escoamento da enxurrada não pode ser forte e deve ser vegetado (Figuras 6.104 e 6.105).

Caso o volume de água desviada pelos terraços e valetas seja muito grande, devem-se construir bacias de captação ao longo do terraço ou em seu final, para retenção dessa água, até ela infiltrar no solo ou evaporar (Figuras 6.106 e 6.107). O número de terraços e bacias, bem como seus espaçamentos, irá depender do tamanho e declividade do terreno a ser protegido.



Figuras 6.104 e 6.105 – Detalhe de terraço recém-construído (esq.) e vegetado com capim-vetiver (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.106 e 6.107 – Bacias de retenção para armazenamento da água da chuva que escorre pelo terraço.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Na Figura 6.198 (imagem de satélite) pode ser observada a localização de terraços e bacias de retenção numa área agrícola no Estado do Mato Grosso.



Figura 6.108 – Imagem de satélite onde aparecem terraços e bacias de retenção ao redor de uma voçoroca e ao longo da estrada (parte inferior da imagem) em área de plantio no Estado do Mato Grosso.

Fonte: adaptado de Google Earth (2010).

6.8.1.3 Suavização da inclinação das bordas

Deve ser feita também uma adequação da inclinação das paredes da voçoroca de modo que elas fiquem com uma conformação de talude. Isso permite o plantio da vegetação recomendada e, dessa forma, a voçoroca pode ser revegetada (Figuras 6.109 e 6.110).



Figuras 6.109 e 6.110 – Detalhes da suavização das paredes da voçoroca.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.8.1.4 Paliçadas e drenos

Dentro da voçoroca podem ser colocados obstáculos, chamados de paliçadas, nos caminhos preferenciais da enxurrada, de maneira a reduzir sua velocidade de escoamento. Aos poucos a paliçada irá acumulando terra trazida pela enxurrada

dentro da voçoroca, mantendo-a no próprio local, ao invés de o solo ir parar em rios, açudes, etc (Figuras 6.111 e 6.112).



Figuras 6.111 e 6.112 – Paliçadas no interior de voçoroca para reduzir a velocidade da enxurrada e reter sedimentos.

Fotos: Adoildo da Silva Melo.

Pode ser utilizado qualquer tipo de material na confecção das paliçadas, desde que não provoque danos ambientais (lixo e resíduos tóxicos), além dos já causados pela erosão. Por exemplo, não jogar lixo urbano, o que causaria contaminação de mananciais d'água. Podem-se colocar, entretanto, entulho de obras, pneus, sacos de terra, galhos de árvore, pedras etc, aproveitando o que estiver mais próximo. Pode-se, também, de preferência, combinar o uso desses materiais.

Caso ocorra o aparecimento do lençol freático (surgência da água que parece uma nascente), no interior e base da voçoroca deve ser implantado um dreno para facilitar o escoamento dessa água e evitar que ocorra o solapamento ou desmoronamento da parede da voçoroca. A opção de se colocar manilhas e aterrar também é possível, mas necessita de um acompanhamento técnico e levantamento dos custos.

6.8.1.5 Revegetação da voçoroca

As práticas citadas anteriormente ajudam a combater apenas um dos fatores que causam a erosão: o escoamento superficial da água da chuva. Outro fator muito importante é o impacto da gota da chuva na superfície do solo, que provoca a desagregação e redução do tamanho dos torrões do solo, facilitando, assim, o carregamento pela enxurrada. O solo deve, portanto, estar coberto com algum tipo de vegetação que impeça o impacto da gota na superfície.

É recomendado fazer a análise de fertilidade do solo ao redor da voçoroca para determinar o nível de nutrientes disponível para as plantas. Dentro da voçoroca não há necessidade da análise do solo, pois, normalmente já é conhecido que o solo apresenta péssimas características de fertilidade.

Uma recomendação básica para a adubação das covas dentro da voçoroca é aplicar os adubos no fundo da cova, que deve ter pelo menos 40 cm x 40 cm x 40 cm, e misturá-los ao substrato (solo) local. A composição da mistura deverá ser a seguinte:

- 3 kg de esterco de curral (\pm uma pá cheia) ou 1kg de cama de aviário bem curtido;
- 100 g de calcário dolomítico (100% PRNT);
- 80 g de P205;
- 40 g de K20;
- 10 g de micronutrientes (FTE BR 12).

Na revegetação da área ao redor e dentro da voçoroca poderão ser utilizadas espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, preferencialmente as conhecidas como leguminosas, que formam uma simbiose em suas raízes com bactérias e fungos, permitindo que obtenham nutrientes do solo e do ar, independentemente de aplicação contínua de fertilizantes, pelo processo conhecido como *fixação biológica de nitrogênio*. Outras espécies vegetais também poderão ser utilizadas, como as gramíneas, principalmente o capim-vetiver. Dependendo do estado de degradação do solo, o crescimento vegetal terá maior ou menor velocidade. A Figura 6.113 mostra detalhe da vegetação arbórea crescendo no interior de uma voçoroca em MG.



Figura 6.113 – Vegetação arbórea dentro de voçoroca em recuperação, em MG.

Foto: Cláudio Lucas Capeche.

A Figura 6.114 apresenta o modelo esquemático dos procedimentos recomendados, citados anteriormente, para a recuperação de uma voçoroca.

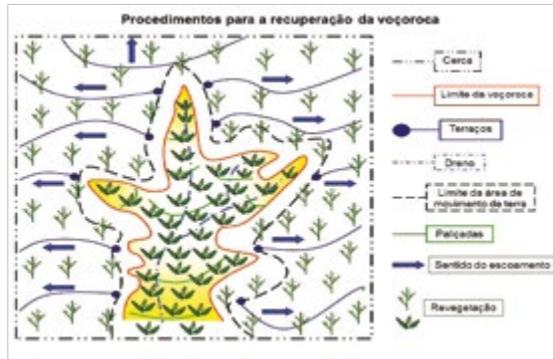


Figura 6.114 – Esquema representativo dos procedimentos para a recuperação de voçoroca.

Ilustração: Cláudio Lucas Capeche.

6.9 Convivência com a seca

O semiárido brasileiro é uma região específica, diferente das outras regiões do Brasil, exigindo conhecimentos e tecnologias que atendam às suas especificidades, para chegar a uma situação social, política e economicamente segura que garanta a sustentabilidade da agricultura familiar. Segundo dados oficiais do Ministério da Integração, esta região abrange uma área de 969.589,4 km² e compreende 1.133 municípios de nove estados do Brasil: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. A Figura 6.115 mostra os limites geográficos do Semiárido Nordestino (IBGE, 2013).



Figura 6.115 – Limites geográficos do semiárido nordestino.

Fonte: IBGE (2013).

Com chuvas irregulares – no tempo e no espaço – o ambiente exige do produtor rural conhecimentos e cuidados especiais no manejo correto do solo, da água, dos rebanhos e dos vegetais. O solo deve ser protegido contra a erosão e a salinização, provocadas naturalmente ou por práticas rurais incorretas. A água, escassa, deve ser armazenada de várias formas, na superfície e no interior do solo, protegida contra a poluição e usada com parcimônia por homens, plantas e animais. Estes, associando rusticidade e produtividade, devem ser criados na quantidade adequada à disponibilidade de recursos da propriedade rural. Os vegetais devem ser explorados corretamente, de forma a atenderem às necessidades dos animais e do próprio homem.

No semiárido, as estiagens são inevitáveis, um fenômeno antigo. A cobertura vegetal do solo, denominada de Caatinga pelos primeiros habitantes, que significa “mata branca”, comprova que os índios já observavam que, devido à falta de água, as plantas perdiam o verde em determinadas épocas do ano. Saber como manejar com equilíbrio os recursos locais, principalmente durante as maiores adversidades, é o grande desafio (NEVES *et al.*, 2012).

Devido à irregularidade das chuvas, os agricultores do semiárido estão sempre enfrentando riscos de perdas totais ou parciais de suas lavouras. Para vencer essas limitações, é imprescindível que se aumente a eficiência do aproveitamento das chuvas que caem nos agroecossistemas. Este aumento da eficiência pode ser conseguido pela combinação do uso de técnicas de captação de água de chuva com a escolha de cultivos apropriados de baixa exigência hídrica (PORTO *et al.*, 2006).

Estudos desenvolvidos em regiões áridas e semiáridas do mundo enfatizam a necessidade de se armazenar água, principalmente no subsolo, aproveitando as técnicas antigas usadas por pequenos agricultores e, atualmente, avaliadas e adaptadas para outras regiões agroecológicas, visando ao suprimento de água no meio rural (SILVA & PORTO, 1982).

6.9.1 Alternativas mecânicas

Entre as alternativas conservacionistas mecânicas recomendadas para esse fim cita-se, além das anteriormente referidas (terraços, bacias e barraginhas, sistematização do solo), o uso do barramento com pedras em curvas de nível, o barramento assoreador e a barragem subterrânea.

6.9.1.1 Barramento com pedras

O barramento com pedras consiste na disposição ordenadas de pedras (rochas) soltas espalhadas pelo terreno em declive, seguindo as curvas de nível, principalmente nas áreas de ocorrência da Caatinga, visando formar barreiras naturais que impeçam o escoamento desordenado da enxurrada, durante o período chuvoso. Esses cordões de pedra, na forma de camalhão ou renques, têm a mesma função dos terraços e cordões vegetados. Com o passar do tempo, os sedimentos retidos por estes “cordões” formam patamares naturais. Dessa forma se reduz a erosão e se possibilita maior infiltração de água no solo (Figuras 6.116 e 6.117).



Figuras 6.116 e 6.117 – Imagens do barramento com pedras distribuídas em nível no terreno (esq.) e detalhe dos sedimentos retidos junto ao renque de pedras (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche

O espaçamento entre os renques em nível varia conforme o declive, tipo de solo, sistema de produção e tipo de uso – culturas anuais, perenes ou pastagem/reflorestamento, sendo comum variar de 15 m – culturas anuais, terreno declivoso e solos mais arenosos e textura média até 50 m (pastagem, reflorestamento e solos mais argilosos e bem estruturados) (NEVES et al., 2012).

6.9.1.2 Barramento assoreador

A tecnologia consiste na construção de barramentos horizontais (em forma de “arco-romano”) construídos em pedras soltas e mantendo sua curvatura contra a vasão das águas, em períodos de chuva. Localizados ao longo de rios ou riachos temporários, bem como locais com concentração de enxurrada, esses barramentos são capazes de reduzir o impacto gerado pela velocidade do escoamento, possibilitando a retenção de grande parte de material que desce das vertentes nas enxurradas, como cascalhos, material orgânico, silte, entre outros (Figuras 6.118 e 6.119) (NEVES et al., 2012).



Figuras 6.118 e 6.119 – Detalhes da retenção de sedimentos por um barramento assoreador, em um local de concentração de enxurrada no Rio Grande do Norte.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Essas duas tecnologias, se bem adotadas, além de controlar o assoreamento, poderão servir para acumular água (na superfície e no subsolo), durante períodos variáveis, para uso de culturas, animais e população; além de manter mais elevado o lençol freático, alimentando, por mais tempo, poços, cacimbões, cacimbas e bebedouros na área (Figuras 6. 120 e 6.121).



Figuras 6.120 e 6.121 – Detalhes dos cordões/renques de pedra em nível associados ao barramento assoreador.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.9.1.3 Barragem subterrânea

Com grande importância para a agricultura familiar, a barragem subterrânea é uma alternativa tecnológica que contribui para a redução dos efeitos negativos dos longos períodos de estiagem. Ela tem a função de barrar (interceptar) a água da chuva que escoar na superfície e dentro do solo por meio de uma parede construída transversalmente à direção das águas (SILVA et al., 2006; SILVA et al., 2007). Ou seja, trata-se de uma técnica para incrementar a disponibilidade de água no solo,

reduzindo os riscos da exploração agrícola, viabilizando a agricultura em pequenas e médias propriedades rurais.

A Figura 6.122 ilustra o esquema de funcionamento da barragem subterrânea. A água proveniente da chuva se infiltra lentamente, criando e/ou elevando o lençol freático, que será utilizado posteriormente pelas plantas. Esse barramento armazena água dentro do solo com perdas mínimas de umidade (evaporação lenta), mantendo o solo úmido por um período maior de tempo, até quase fim do período seco.

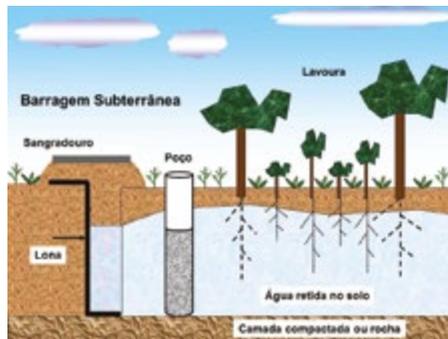


Figura 6.122 – Esquema representa-tivo do funcionamento da barragem subterrânea.

Ilustração: Cláudio Lucas Capeche.

Nas figuras 6.123 a 6.128, imagens de barragens subterrâneas em fase de construção e em pleno uso com lavouras familiares.



Figuras 6.123 e 6.124 – Construção da BS com abertura da valeta cortando o leito do rio temporário (esq.); aplicação da lona plástica barradora do fluxo subsuperficial (dir.).

Fonte: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.125 e 6.126 – Aplicação da lona plástica barradora do fluxo subsuperficial (esq.); construção da cacimba e da BS com o sangradouro ao centro (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.127 e 6.128 – Detalhe da água represada superficialmente próximo ao sangradouro com a área de plantio mais à frente (esq.). Vista geral do plantio aproveitando a umidade da barragem subterrânea (dir.).

Fotos: Maria Sônia Lopes da Silva.

6.9.2 Alternativas vegetativas

As práticas vegetativas citadas anteriormente (cobertura viva e morta, cordões vegetados, quebra vento etc) devem respeitar as características climáticas e de solo da região. Segundo Neves et al. (2012) a vegetação do semiárido nordestino é rica em espécies forrageiras adaptadas às mais diversas condições de clima e solo. Estudos têm revelado que mais de 70% das espécies botânicas da Caatinga participam, significativamente, da composição da dieta dos ruminantes domésticos bovinos, caprinos e ovinos.

As plantas xerófilas (resistentes à seca), tais como palma forrageira, algarobeira, maniçoba, jureminha, flor-de-seda e feijão-bravo, entre outras, são consideradas como forrageiras de grande potencial para a pecuária. Araújo (2010) indica manejos

específicos de espécies florestais para o Rio Grande do Norte. Cactos nativos, macambira, catingueira, juazeiro e juazeiro, palma, entre outros, são grandes reservas estratégicas, por ocasião das secas. Nas Figuras 6.129 a 6.134 estão os detalhes de paisagens e vegetação características da região semiárida nordestina.



Figuras 6.129 e 6.130 – Detalhes da vegetação característica do semiárido brasileiro.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.131 e 6.132 – Detalhes da vegetação característica do semiárido brasileiro.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.133 e 6.134 – Detalhes da vegetação característica do semiárido brasileiro.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Em Lima et al. (2010), são apresentadas indicações de reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido como palma, feno e silagem. Essas reservas poderiam atender também à demanda de atividades relacionadas a fontes energéticas (lenha e carvão para setores caieiro, salineiro, cerâmico,

padarias etc), à construção civil (estacas, moirões, escoras), à recuperação de áreas degradadas, fonte de forragens, entre outras.

Segundo Neves et al. (2012), importância redobrada deve ser dada à conservação ou recuperação das matas ciliares, que representam o grupamento de árvores encontradas às margens de córregos, rios, açudes, lagoas, cacimbas, nascentes, entre outras fontes de água. A preservação da vegetação (e, se necessário, o reflorestamento) é de fundamental importância para proteger os solos localizados nas margens, por aumentar a sustentação mecânica dos barrancos pela presença das raízes.

As funções das matas ciliares são: controlar a erosão nas margens das fontes d'água, evitando o assoreamento dos mananciais; minimizar os efeitos das enchentes; manter o volume e a qualidade das águas e auxiliar na proteção da fauna e flora, entre outros.

Considerando-se as condições de solo e clima do Nordeste brasileiro, recomendam-se algumas espécies vegetais que poderiam ser utilizadas para restaurar ou reflorestar as margens, entre outros espaços desmatados, no todo ou em parte:

- a) Árvores e arbustos – canafístula cearense, aroeira, craibeira, ipê (pau d'arco), quixabeira, umbuzeiro, cajarana, cajá-umbu, catingueira, juazeiro, juazeiro, algarobeira, sabiá, mororó, jurema, feijão bravo, leucena, gliricídia, entre outras (preferencialmente vegetais xerófilos);
- b) Herbáceas – macambira, grama (capim) de burro, gramão, pangolão, paturá (patural), cunhã, capim touceira (do Ceará), e outros (preferencialmente vegetais xerófilos).

6.9.3 Alternativas edáficas

As alternativas edáficas (análise de fertilidade do solo, adubação verde, rotação de culturas, preparo do solo e plantio, controle de queimadas e compostagem) seguem as recomendações citadas no item relativo às Práticas Edáficas Conservacionistas.

Importante citar que, independentemente do uso do solo que se deseja fazer, o conhecimento da ocorrência dos diferentes tipos de solos e suas características edáficas é fundamental para nortear as atividades agropecuárias e florestais. Em Cunha et al. (2008), têm-se informações diversificadas das classes dos solos e suas distribuições na região do submédio do Vale do Rio São Francisco.

O entendimento dos tipos de solos que ocorrem na área a ser usada é importante para escolher o sistema de produção agropecuário e florestal e prevenir a salinização

das áreas agricultáveis causada pela precipitação dos sais solúveis na superfície ou no interior do solo. Para evitar que os sais se concentrem no solo, o uso da água de irrigação deve ser feito com base em critérios técnicos que englobem o conhecimento dos tipos de solos, das culturas e sistemas de irrigação. Visando orientar o uso e manejo sustentado da irrigação na Região Nordeste brasileira, a Embrapa Solos desenvolveu o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação – SiBCTI (AMARAL, 2011).

6.9.3.1 Resíduos orgânicos

Segundo o Projeto Caatinga Viva, no Estado do Rio Grande do Norte a biomassa oriunda, na sua maior parte de matas nativas, fornece energia para 35% do parque industrial do estado e é a sua segunda fonte de energia, com uma participação de 30% na matriz energética. Contudo, o desmatamento acelerado da Caatinga, feito com técnicas, rudimentares tem colocado em risco a sua biodiversidade e a sobrevivência de camadas da população que dependem do potencial de seus recursos naturais para sobreviverem.

A gestão do uso dos resíduos orgânicos vegetais e animais, sejam provenientes da lavoura ou dos processos agroindustriais, também tem sua relevância como boa prática agrícola, principalmente quando funciona como fonte de nutrientes e energia. Como exemplo, entre os diversos usos destes resíduos está a compostagem, geradora de fertilizantes orgânicos com amplo uso agrícola, principalmente junto à agricultura familiar. Nas Figuras 6.135 e 6.136 estão o exemplo de reaproveitamento dos resíduos orgânicos usando a compostagem para a produção de fertilizante orgânico.



Figuras 6.135 e 6.136 – Detalhes do processo de compostagem – formação da leira com resíduos vegetais e animais e composto pronto (esq.) e pilhas de compostagem a céu aberto (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Ainda, a produção de briquetes oriundos do aproveitamento de resíduos vegetais teria importante papel na redução da pressão sobre o corte e comercialização de vegetação nativa, que no caso da Região Nordeste tem atingido o Bioma Caatinga. Um bom exemplo, de aproveitamento energético dos resíduos vegetais para geração de energia sobretudo para as indústrias de cerâmica vermelha, seria produzir briquetes à base das folhas e talos secos da carnaubeira (*Copernicia prunifera*), conforme Tavares (2013).



Figuras 6.137 e 6.138 – Área de carnaubal com folhas colhidas para fabricação de cera (esq.) e detalhe de briquete produzido com resíduos de casca de arroz (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Benefícios ambientais e produtivos também são obtidos no reuso da água residuária das estações de tratamento de esgoto na irrigação, fornecendo umidade e nutrientes para espécies herbáceas (capim-elefante) e arbóreas (reflorestamento) destinadas ao uso energético. Nas Figuras 6.139 e 6.140, veem-se detalhes do aproveitamento da água residuária na produção de capim-elefante para uso na fabricação de briquetes na região do Baixo-Açu potiguar.



Figuras 6.139 e 6.140 – Imagens da estação de tratamento de esgotos da cidade de Pendências, RN (esq.), cuja água residuária é aproveitada para o cultivo agrícola de capim-elefante em área adjacente (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

Outro bom exemplo de reuso da água em escala familiar no semiárido nordestino é a ação desenvolvida pelo Projeto Dom Hélder Câmara, com recursos do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) – a água que sai das torneiras e do chuveiro segue para uma caixa coletora (semelhante a uma caixa de gordura). Após um tratamento simples e natural, um cano conduz a água filtrada e fertilizada para ser armazenada no reservatório e usada na irrigação, com um sistema de gotejamento, em diversas culturas (NEVES et al., 2012).

O emprego das tecnologias de convivência com a seca se completa com o aproveitamento (captação, uso e descarte) da água da chuva por meio de sua coleta no telhado das casas, nos terreiros (de cimento ou lona) ou área vegetada (grama ou capim) e armazenamento em cisternas aéreas ou enterradas. Ou ainda, em condições emergenciais de seca extrema, abastecimento por caminhões-pipa. Nas Figuras 6.141 e 6.142, imagens dessas tecnologias.



Figuras 6.141 e 6.142 – Imagens da tecnologia de captação de água da chuva pelo telhado e armazenamento em cisternas de alvenaria.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.143 e 6.144 – Imagens da tecnologia de captação de água da chuva por terreiro cimentado e armazenamento em cisternas de alvenaria. À direita, detalhe de fornecimento emergencial de água por caminhão-pipa.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

6.9.4 Educação ambiental

A educação ambiental (EA) se baseia em processos nos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, atitudes, habilidades, interesse ativo e competência para a conservação do meio ambiente e a sustentabilidade rural e urbana (HAMMES, 2004). Ela tem se mostrado fundamental na sensibilização da população quanto aos impactos ambientais negativos constatados em nosso cotidiano como: poluição atmosférica e dos recursos hídricos, erosão do solo, queimadas, desmatamentos, perda da biodiversidade, enchentes e inundações, problemas sociais etc.

Segundo Capeche (2008), a sensibilização do público-alvo (agricultores, alunos, professores, educadores ambientais e/ou extensionistas) pode ser feita pelas instituições de pesquisa, de ensino ou por ONGs, utilizando ações de transferência de tecnologias (cursos, palestras, treinamentos, dias de campo) e atividades lúdicas e educativas em sala de aula e no campo. Também, por meio de eventos institucionais e de confraternização como feiras científicas, feiras de tecnologias agropecuárias, ações sociais e de cidadania, além de comemoração de datas comemorativas (Dias do Meio Ambiente, da Terra, da Água, da Árvore, do Índio, etc.).

É fundamental conseguir a motivação e o compromisso do público-alvo nas ações transformadoras que visam à produção agropecuária sustentável, à recuperação das áreas degradadas e à preservação ambiental. Capeche (2010) mostra que, através da construção e uso de um simulador de erosão portátil, a demonstração da dinâmica dos processos erosivos pode ser abordada de forma criativa e motivacional pelos professores e educadores ambientais. Nas Figuras 6.145 a 6.148 são mostradas algumas ações de educação ambiental e transferência de tecnologias.



Figuras 6.145 e 6.146 – Atividades de educação ambiental com alunos de escolas públicas (esq.) e dia de campo sobre plantio direto em hortaliças (dir.) – Rio de Janeiro.

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.



Figuras 6.147 e 6.148 – Visitas de escola técnica agropecuária em Unidade Demonstrativa da Embrapa sobre recuperação de áreas degradadas no aeroporto do Galeão, RJ (esq.) e curso sobre manejo e conservação do solo e água no Município de Assú, RN (dir.).

Fotos: Cláudio Lucas Capeche.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, F. C. S. do. **Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação**: enfoque na região semiárida. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 164p.: il.

ARAUJO, M. de S. **Manejo de espécies florestais para produção de madeira, forragem e restauração de áreas degradadas**. Natal: EMPARN, 2010. 63 p. (Série circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar, 5).

BAHIA, V. G.; CURI, N.; CARMO, D. N.; MARQUES, J. J. G. S. M. Fundamentos de erosão do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 25–39. 1992.

BARROS, L. C. **Captação de águas superficiais de chuvas em barraginhas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 2).**

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**: embasamento técnico do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas. Campinas: CATI, 1994. v. 1. (CATI. Manual, 38).

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. de; DRUGOWICH, M.I.; ANDRADE, N. de O.; GALETI, P. A.; BELLINAZI JUNIOR, R.; DECHEN, S. C. F. **Tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo**. In: CATI (Campinas, SP). Manual técnico de manejo e conservação do solo e água. Campinas, 1994. v.4 p. 1–65 (CATI. Manual, 41).

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990, 355p.
- CAATINGA VIVA. **Projeto Caatinga Viva**. Disponível em:<<http://www.projetoCaatingaviva.com.br/index.php/o-projeto>>. Acesso em: 10 fev. 2013.
- CAPECHE, C. L. **Confecção de um simulador de erosão portátil para fins de educação ambiental**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 6p. (Embrapa Solo. Documentos, 116).
- CAPECHE, C. L. **Educação ambiental tendo o solo como material didático: pintura com tinta de solo e colagem de solo sobre superfícies**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 6 p. (Embrapa Solos. Documentos, 123).
- CAPECHE, C. L. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 6 p. il. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 51).
- CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R. de; MELO, A. da S.; ANJOS, L. H. C. dos **Parâmetros técnicos relacionados ao manejo e conservação do solo, água e vegetação. perguntas e respostas**. Rio de Janeiro: CNPS, 2004. 16 p. (EMBRAPA-CNPS. Comunicado Técnico, 28).
- CONSERVAÇÃO de solos e meio ambiente. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n. 176, 1992.
- CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; CAVALCANTI, A. C. **Solos do submédio do vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2008. 60 p. ; 21 cm . (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 211).
- CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L. E.F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.
- EDUCAÇÃO ambiental: como elaborar um projeto de educação ambiental: Rio de Janeiro: ALERJ, [2000]. 20 p.
- EMBRAPA. **Recomendações Tecnológicas para o uso do fogo na área rural**. Disponível em: <http://www.queimadas.cnpem.embrapa.br/qmd_2000/cartilha.htm> Acesso em 14 de abr. 2013.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Práticas de conservação de solos**. Rio de Janeiro: 1980. 88 p. (SNLCS. Miscelânea, 3).
- HAMMES, V. S. (Ed.). **Construção da proposta pedagógica**. 2. ed. São Paulo: Globo, 2004. v. 1 300 p. (Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável, 1).
- HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; MARIA, I. C. de; CASTRO FILHO, C. de; LANDERS, J. N. Erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 5, p. 47–60.
- IBGE. **Semi-árido brasileiro**. [Rio de Janeiro], 2013. Disponível em:<<http://www.semiarido.org.br/UserFiles/20100312160234.pdf>> Acesso em: 10 abr. 2013.
- INACIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156p.: il.

LIMA, G. F. da C.; SILVA, J. G. M. da.; AGUIAR, E. M. de.; TELES, M. M. **Reservas forrageiras estratégicas para a pecuária familiar no semiárido: palma, fenos e silagem.** Natal: EMPARN, 2010. 53 p. (Série circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar, 8).

MACEDO, J. R. de; CAPECHE, C. L.; MELO, A. da S. **Recomendações de manejo e conservação de solo e água.** Niterói: Programa Rio Rural, 2009. 45 p. (Programa Rio Rural. Manual Técnico 20). Disponível em: <<http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/20%20Conservacao%20de%20solo.pdf>>.

MANZATTO, C. W.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J, R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 174 p.

NEVES, A. M. B.; NOBRE, F. V.; FONSECA, J. R.R.; BELCHIOR FILHO, V. (Org.) **O produtor rural e o Rio Grande do Norte semiárido:** sugestões para conviver melhor com as secas. Natal: Sebrae, 2012. 170 p.

NOBRE, F. V. **Meio ambiente:** problemas e soluções. Natal: EMPARN, 2007. 18 p. il. (Circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar, 4; Negócios rurais em harmonia com o ambiente,1).

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semiárido brasileiro.** Brasília, DF: Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, [2008]. 35 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World Population Prospects:** The 2012 Revision, Key Findings and Advance Tables. [Nova Iorque], Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Working Paper No. ESA/P/WP.227, 2013.

PORTO, E. R.; BRITO, L. T. de L.; ANJOS, J. B. dos; SILVA, M. S. L. da; MOURA, M. S. B. de. **Formas de garantir água na seca.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. 48 p. il. (ABC da agricultura familiar, 13). Edição especial.

PRADO, R. B. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte à gestão de recursos hídricos.** 2004. 172. f. Tese (Doutorado) – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PRADO, R. B.; CAPECHE, C. L.; PIMENTA, T. S. **Capacitação para o programa de educação ambiental:** monitoramento da qualidade da água utilizando kits, na bacia hidrográfica do rio São Domingos–RJ. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. (Embrapa Solos. Documentos, 74).

CAATINGA VIVA. **Projeto Caatinga Viva.** Disponível em:<<http://www.projetoCaatingaviva.com.br/index.php/o-projeto>>. Acesso em:10 fev. 2013.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 65 p.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água:** Projeto de Recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2. ed. rev. atual. Florianópolis: EPAGRI,1994.384 p.

SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. **O meio ambiente e o plantio direto.** Brasília: Embrapa-SPI, 1997. 116 p.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1982. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 14).

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. L de; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; HONÓRIO, A. P. M. **Barragem Subterrânea**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. 4 p. (Embrapa Semi-árido. Instruções Técnicas, 75).

SILVA, M. S. L. da; MENDONÇA, C. E. S.; ANJOS, J. B. dos; FERREIRA, G. B.; SANTOS, J. C. P. dos; OLIVEIRA NETO, M. B. de. **Barragem subterrânea: uma opção de sustentabilidade para a agricultura familiar do Semi-Árido do Brasil**. Recife: Embrapa Solos – UEP Recife, 2007. (Embrapa Solos. Circular Técnica 36).

TAVARES M. A. M. E. **Estudo da viabilidade da produção de briquete e seus possíveis impactos sobre o meio ambiente e o mercado de trabalho da região do Baixo-Açu, RN**. 245 f. Dissertação de Mestrado em Economia da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, fevereiro de 2013.

TAVARES, S. R. de L.; MELO, A. da S.; ANDRADE, A. G. de ; ROSSI, C. Q.; CAPECHE, C. L.; BALIEIRO, F. de C.; DONAGEMMA, G. K.; CHAER, G. M.; POLIDORO, J. C.; MACEDO, J. R. de; PRADO, R. B.; FERRAZ, R. P. D.; PIMENTA, T. S. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.: il. (Embrapa Solos. Documentos, 103).

O PLANETA pede água. **Jornal da UNESP**, v. 16. n. 158, 2001. Disponível em: <<http://www.unesp.br/aci/jornal/158/especial.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2013.

A Indústria de Cerâmica Vermelha no Rio Grande do Norte e no Baixo-Açu Potiguar

José Nildo Galdino

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

Marijara de Lourdes Leal

Andréa Santos Pinheiro

Angélica Gilksanan Souza de Lima

7.1 A indústria de cerâmica vermelha no Brasil

7.2 A indústria de cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte

7.3 O processo produtivo na indústria de cerâmica vermelha potiguar

7.4 A indústria de cerâmica vermelha na região do Baixo-Açu

7.5 A indústria cerâmica e o agravamento da desertificação no Baixo-Açu

RESUMO

O Rio Grande do Norte é o décimo maior produtor de cerâmica vermelha do Brasil e o terceiro do Nordeste. No Estado, assim como nas demais unidades da Federação onde a indústria ceramista desempenha um papel econômico-social-cultural relevante, as atividades produtivas ligadas ao setor ainda são desenvolvidas de forma rudimentar, com graves prejuízos ambientais. Na região do Baixo-Açu, segundo polo ceramista mais importante, as 32 indústrias em operação consomem aproximadamente 400 mil m³st/ano de lenha retirada, na sua maioria, da mata nativa. A pressão antrópica crescente sobre o Bioma Caatinga tem feito com que desde 2004 o processo de desertificação em todo o Vale do Açu seja considerado grave pelo Ministério do Meio Ambiente. Oferecer alternativas energéticas que deem sustentabilidade à produção de cerâmica vermelha é a única estratégia para que esta atividade econômica continue a gerar emprego e renda para os nove municípios da região.

7.1 A indústria de cerâmica vermelha no Brasil

A designação de “cerâmica vermelha” para os tijolos, telhas, lajotas e vasos ornamentais, produzidos em olarias geralmente localizadas próximas aos centros consumidores, deve-se às matérias-primas com que esses produtos são feitos – argilas e siltes argilosos, com alto teor de impurezas, entre os quais se destacam os minerais ferrosos, responsáveis pela cor avermelhada que os caracteriza. Duráveis, com razoável resistência mecânica, os produtos da cerâmica vermelha possuem preços relativamente baixos, o que exige a produção em larga escala para que os empreendimentos sejam lucrativos (INT, 2012).

No Brasil existem aproximadamente 6.903 empresas de cerâmicas e olarias, distribuídas em todos os estados da Federação, que geram 293 mil empregos diretos, perto de 900 mil empregos indiretos e um faturamento anual de R\$ 18 bilhões, segundo dados do IBGE em 2008. Como os produtos são vendidos normalmente nas proximidades das empresas, os estados com maior população costumam ser também os maiores produtores de cerâmica vermelha. Neste contexto, o Estado de São Paulo lidera a produção nacional de telhas, tijolos, lajotas etc.

Em todo o País, de uma forma geral, o processo produtivo das indústrias de cerâmica vermelha é visto, em seu conjunto, como extremamente simples, o que causa a desvalorização da cultura técnica e termina por se constituir em um grave erro, pois, na indústria cerâmica, as empresas precisam ser polivalentes, realizando vários papéis, da mineração à produção em si das peças. O processo produtivo, realizado em diversas etapas de forma muitas vezes extremamente rústica, poderia se beneficiar de inovações e melhorias que propiciassem um produto final de maior qualidade e com preços mais competitivos.

7.2 A indústria de cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte

Com um faturamento médio anual de R\$ 208,16 milhões de reais diretos (SEBRAE, 2013), o Rio Grande do Norte é o décimo maior produtor de cerâmica vermelha no Brasil e terceiro do Nordeste (INT, 2012), com 186 indústrias em atividade (SEBRAE, 2012).

Para simplificar a apresentação desse setor no Rio Grande do Norte, optou-se por dividir o estado em quatro regiões produtoras: a primeira, formada pelas cidades próximas à capital, denominada de Grande Natal, compreende as indústrias das bacias do Potengi, Trairi-Jacu e Curimataú; a segunda região compreende as indústrias localizadas na Região do Seridó; na terceira estão as indústrias do Baixo-Açu; por fim, na quarta estão as cerâmicas da Região Oeste (Figura 7.1).

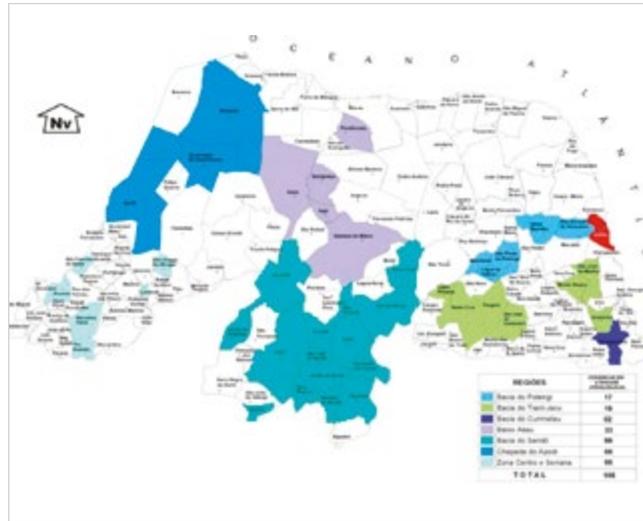


Figura 7.1 – Mapa das indústrias cerâmicas em atividade no Estado do Rio Grande do Norte.

Fonte: adaptado de Sebrae (2013).

A produção estadual de cerâmica vermelha é estimada em uma média de 111.163 milheiros de peças de produtos cerâmicos, dos quais 54% (59.981 milheiros) são de telhas. Desse total de telhas, 87% são produzidas na região Seridó, 11% no Baixo-Açu e apenas 1% em cada uma das duas outras regiões – Grande Natal e Oeste (SEBRAE, 2013).

Além de telhas, o estado produz mensalmente 46.851 milheiros de blocos de vedação, que representam 42% da produção global do estado; já os demais produtos, como lajotas, blocos estruturais, tijolos aparentes e casquilhos, representam apenas 4% da produção do estado (SEBRAE, 2013).

O polo ceramista do Seridó responde por 81% de toda a produção em cerâmica vermelha no estado e comercializa 78% das peças para outros estados nordestinos. Nos demais polos, esse percentual é significativamente menor. Porém, somados, fazem com que a fatia mais grossa do gráfico representativo da comercialização dos produtos cerâmicos potiguares seja exatamente aquela relacionada ao mercado regional. Em segundo lugar estão as vendas a outras cidades norte-rio-grandenses e, por último, a comercialização nos próprios polos produtores (Figuras 7.2 e 7.3).

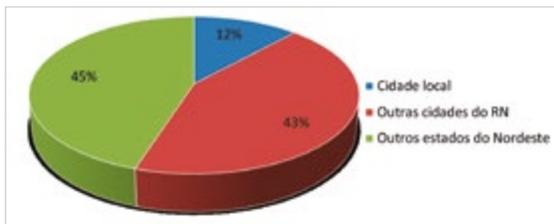


Figura 7.2 – Distribuição geográfica das vendas dos produtos cerâmicos do Rio Grande do Norte.

Fonte: Sebrae (2013).

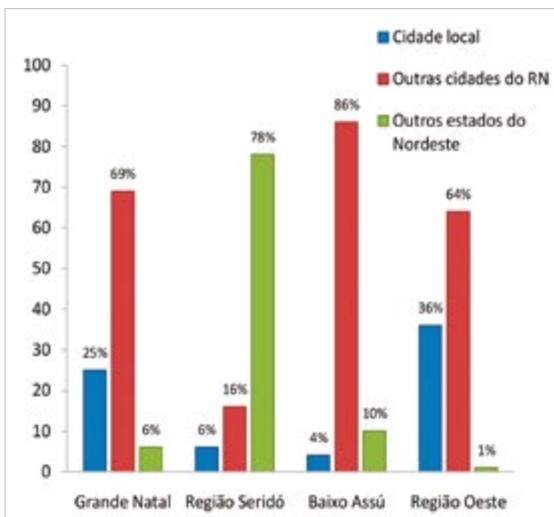


Figura 7.3 – Distribuição geográfica das vendas dos produtos cerâmicos por região do estado.

Fonte: Sebrae (2013).

Os valores de venda dos produtos cerâmicos variam de região para região do Estado do RN. A Tabela 7.1 mostra os valores dos produtos cerâmicos por região do estado. O Baixo-Açu tem os maiores preços de venda, por oferecer produtos de maior qualidade; já as empresas do Seridó têm os menores preços de venda. Os empresários alegam que o baixo preço de venda deve-se à concorrência desleal, mas também admitem a baixa qualidade de queima dos produtos por carência de fornos eficientes.

O percentual médio de participação de cada produto no faturamento das empresas por região do estado é mostrado na Tabela 7.2. O bloco de vedação

é o principal produto em três regiões: na Grande Natal, é responsável por 90,7% do faturamento das empresas; no Baixo-Açu por 81% e na região Oeste por 56,1% do faturamento. Apesar de a telha representar 81% das peças produzidas e o bloco de vedação 17% no Seridó, a diferença no faturamento com a telha deve-se ao baixo preço de venda desse produto.

A participação da telha no faturamento da empresa já inclui as de classificação como de 1ª e 2ª. Essas são vendidas a um preço entre 20% e 30% inferiores às de primeira.

Tabela 7.1 – Perfil mercadológico das cerâmicas da Região Oeste.

PRODUTOS	GRANDE NATAL	REGIÃO SERIDÓ	BAIXO-AÇU	REGIÃO OESTE
Bloco de Vedação	R\$ 230,00	R\$ 217,00	R\$ 251,00	R\$ 230,00
Telha (1ª)	–	R\$ 200,00	R\$ 285,00	R\$ 280,00
Telha (2ª)	–	R\$ 170,00	R\$ 240,00	R\$ 240,00

Fonte: Sebrae (2013).

Tabela 7.2 – Participação dos produtos no faturamento das cerâmicas do RN.

PRODUTOS	GRANDE NATAL	REGIÃO SERIDÓ	BAIXO-AÇU	REGIÃO OESTE
Bloco de Vedação	90,7%	25,8%	81,0%	56,1%
Telha	6,8%	71,2%	10,9%	31,8%
Lajota	1,7%	3,0%	7,5%	11,4%
Bloco Estrutural	0,6%	0,0%	0,4%	0,4%
Outros	0,2%	0,0%	0,2%	0,3%

Fonte: Sebrae (2013).

7.3 O processo produtivo na indústria de cerâmica vermelha potiguar

A cadeia produtiva da cerâmica é caracterizada por duas fases distintas: a de mineração, com a exploração da matéria-prima, a argila, e a de transformação dessa matéria-prima nos produtos finais. Mas, da extração da argila à expedição dos produtos, a produção se dá nas etapas abaixo especificadas, que variam conforme os recursos tecnológicos disponíveis de cada indústria.

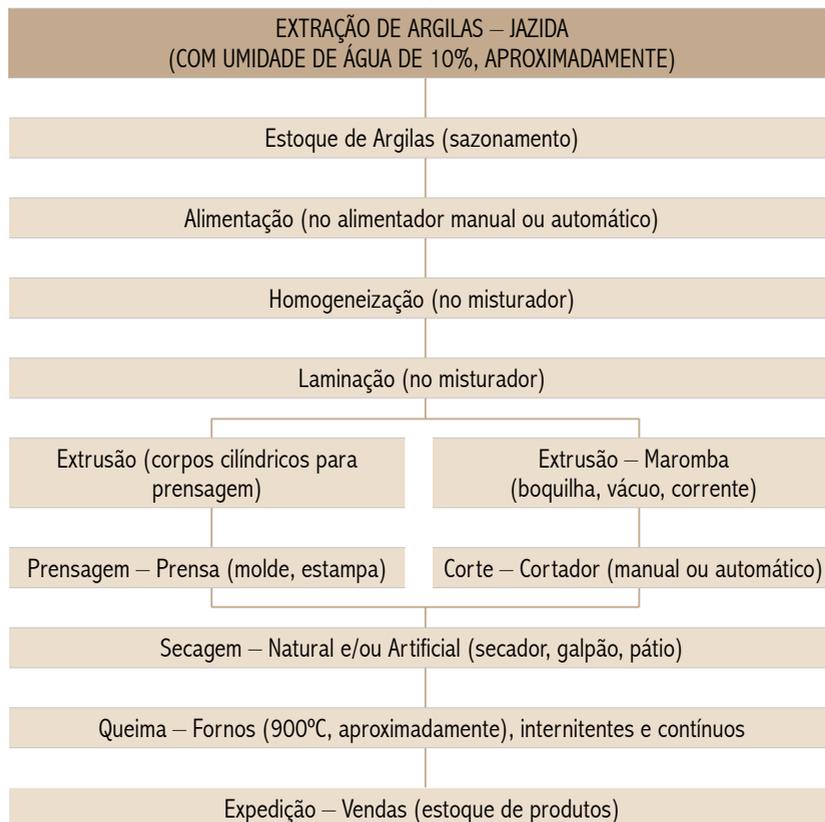


Figura 7.4 – O processo produtivo de cerâmica vermelha.

Fonte: Sebrae (2013).

7.3.1 Fase de mineração

a) Extração da matéria-prima.

No Brasil e também no Rio Grande do Norte, as argilas ou siltes argilosos utilizados na indústria de cerâmica vermelha são de origem sedimentar, oriundas, predominantemente, das várzeas dos grandes rios ou açudes, podendo ser encontradas também nas várzeas de lagoas, riachos ou nas encostas de morros. Nestes casos, a extração é a céu aberto. O plano de extração de argila de várzeas deve prever a remoção e disposição dos estêreis, a formação de bancos de extração que assegurem economia no transporte, a drenagem da água, a segurança no trabalho e o aproveitamento completo da jazida (CARVALHO, 1999).

São necessárias algumas providências legais para poder realizar a extração de argilas, uma vez que a legislação mineral brasileira só permite a lavra de qualquer

substância mineral após a legalização da jazida junto ao Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. Dois caminhos podem ser seguidos: o licenciamento mineral da área ou o requerimento de pesquisa mineral. Em ambos, é necessário contar com a assessoria de um geólogo ou engenheiro de minas.

Para se habilitar ao Licenciamento Mineral, a empresa deverá ser proprietária do terreno onde se encontra a jazida ou ter a devida autorização de todos os seus proprietários do mesmo. Em seguida, deverá requerer à prefeitura do município onde se situa a jazida a licença específica para exploração mineral. O Requerimento de Registro de Licença, a ser protocolado no DNPM, contempla uma área máxima de 50 hectares e deverá conter em anexo uma série de documentos técnicos de responsabilidade do geólogo ou engenheiro de minas contratado para fazer o Licenciamento Mineral.

Caso a área esteja livre, o DNPM formaliza uma exigência para apresentação da Licença Ambiental de Operação num prazo de 90 dias. Esta licença é concedida pelo órgão ambiental de cada Estado (IDEMA, no RN), mediante a apresentação de Relatório de Controle Ambiental que relata as condições ambientais da área, os impactos que serão causados pela lavra e as medidas que serão tomadas para minimizar estes impactos (SENAI, 2001).

Em 2013 existiam, junto ao DNPM, 69 processos nas fases de licenciamento ou requerimento de licenciamento ou requerimento de pesquisa ou autorização de pesquisa e disponibilidade no Rio Grande do Norte (SEBRAE, 2013). Este número é bem superior ao registrado no perfil do setor ceramista potiguar, elaborado pelo SENAI, em 2001, no qual constava a existência de apenas 10 processos de Licenciamento Mineral em andamento, o que mostra uma evolução quanto à legalidade das jazidas no estado. Já naquele ano, Carvalho (2001) alertava para a falta de planejamento de lavra das minas do Rio Grande do Norte. Sem conhecer a espessura das camadas, nem suas composições, a exploração é feita de forma improvisada, com cavas de formatos e profundidades diversas.

Quando a argila se encontra comprimida em folhelhos (rocha sedimentar do subgrupo das rochas argiláceas), é necessário o uso de explosivos, já que os depósitos detríticos são sujeitos à compressão e frequentemente não podem ser removidos com os equipamentos convencionais, como retroescavadeiras, escavadeiras, ou dragas. Estes equipamentos enchem os caminhões de caçambas basculantes que transportam as argilas para os pátios das fábricas, onde se formam grandes estoques para homogeneização e sazonalização (CARVALHO, 2001). Depois de esgotadas as jazidas, as cavas devem ser recuperadas para o ressurgimento da

vegetação, e isso é facilmente conseguido com a redeposição dos solos aráveis, previamente retirados.

Galdino (2003), em um trabalho do Senai em parceria com o SINDCERÂMICA/RN, fez a caracterização de 51 tipos de argila de 21 cerâmicas do estado. Nesse trabalho, concluiu-se que as argilas do Baixo-Açu são caulínicas com concentração de illita e montmorilonita; as do Seridó são argilas predominantemente ilíticas com concentrações de montmorilonitas, principalmente as originárias de barragens e açudes; por sua vez, as argilas da Grande Natal e região Oeste são predominantemente caulínicas.

Na região da Grande Natal, as argilas são retiradas das várzeas dos rios Potengi e Trairi; no Baixo-Açu, o mineral vem das várzeas do Rio Açu (Figura 7.5); as várzeas do Rio Apodi abastecem as cerâmicas da região Oeste; já no Seridó, os fornecedores da matéria-prima para as indústrias cerâmicas são os açudes do Caldeirão, em Parelhas, de Gargalheiras, em Acari, o Itans, em Caicó, além de outros reservatórios menores da região. Além destes açudes, um grande número de cerâmicas do Seridó tem importado argila do Estado da Paraíba, em especial das regiões de Cuité, Lajinha, Santa Luzia e principalmente de Taperoá/PB (SEBRAE, 2013).



Figura 7.5 – Jazida de argila em várzea do Baixo-Açu – Itajá/RN.

Foto: José N. Galdino.

Independentemente da procedência, as argilas com as quais se produz cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte vêm, na sua grande maioria, de terceiros, apesar de muitas empresas contarem com suas próprias jazidas (Figura 7.6).

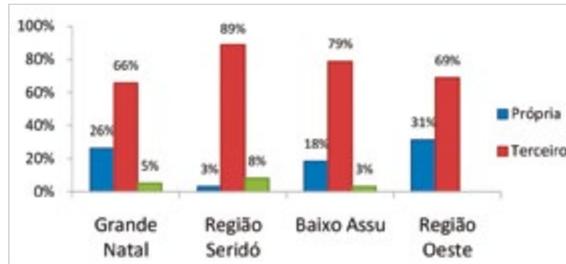


Figura 7.6 – Situação da propriedade das argilas nas cerâmicas do RN.

Fonte: Sebrae (2013).

O baixo valor agregado de seus produtos dificulta investimentos em equipamentos, tecnologia e qualificação da mão-de-obra, que são componentes fundamentais para a obtenção de um produto de maior qualidade (COELHO, 2009).

De acordo com o estudo encomendado pelo Ministério das Minas e Energia, no ano de 2009, para elaboração do Plano Duodecenal (2010–2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, a atividade extrativa da argila no Brasil ainda carece de uma condução técnica e gerencial. A falta de profissionais especializados e o baixo padrão da tecnologia utilizada nas operações de lavra são entraves para a competitividade do setor cerâmico brasileiro no mercado internacional (COELHO, 2009).

Conforme o último diagnóstico do setor (SEBRAE, 2013), o consumo mensal de argila nas 186 cerâmicas em atividade é de 239.561 toneladas, das quais 54.307 toneladas são consumidas na Grande Natal; 100.576 toneladas no Seridó; 65.673 toneladas no Baixo-Açu e 19.005 toneladas na Região Oeste do Estado. O Seridó responde por 42% do consumo de argila do RN (Figura 7.7) e importa aproximadamente metade desse consumo do Estado da Paraíba. Comparando o consumo de argila dos últimos 11 anos, houve um crescimento de 173.925 toneladas (SENAI, 2001) para 239.561 toneladas (SEBRAE, 2012), nos últimos 11 anos, o que corresponde a um aumento de 37,7%.

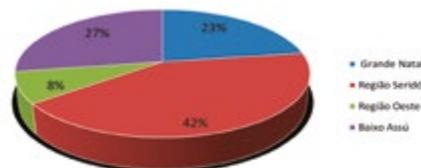


Figura 7.7 – Percentual do consumo de argila por região do Rio Grande do Norte.

Fonte: Sebrae (2013).

As indústrias cerâmicas fazem os estoques para garantir o abastecimento durante o período de verão, pois na época chuvosa o acesso às jazidas fica prejudicado. O estoque em tempos superiores a seis meses é importante para que a matéria orgânica contida na argila seja decomposta. Em geral, as indústrias que fabricam telhas no RN estocam em pilhas separadas, enquanto as que fabricam blocos de vedação fazem estoque em sanduíche, conforme Figura 7.8 (SEBRAE, 2013).



Figura 7.8 – Estoque sanduíche de uma cerâmica no Município de Encanto/RN.

Foto: José Nildo Galdino.

7.3.2 Fase de transformação

a) Estocagem.

O processo produtivo da cadeia ceramista começa com o sazonalamento, que é a estocagem das argilas a céu aberto com o objetivo de expô-las às intempéries para melhorar sua plasticidade, promover a eliminação dos sais solúveis e homogeneizar a distribuição da umidade.

A maioria das indústrias cerâmicas utiliza mais de um tipo de argila para fazer a composição da massa adequada ao seu produto. O ideal seria trabalhar com uma argila que não necessitasse de mistura com outra para se conseguir a massa cerâmica desejável. No entanto, isto é muito raro e o que ocorre na maior parte das indústrias é o uso de dois a três tipos de argilas para fazer uma mistura adequada ao produto desejado. Utiliza-se normalmente uma argila de alta plasticidade (plástica, forte ou gorda, de acordo com a região) e uma argila de baixa plasticidade, na maioria das vezes um silte (goma ou poagem, de acordo com a região).

A disposição das argilas no pátio depende das características desejadas que se pretende obter no produto final. Por exemplo: se a proporção entre elas é de 1:1 numa mistura, então as camadas de cada uma devem refletir essa proporção, com espessuras iguais.

Baccelli Júnior (2010) afirma que os estoques são de grande importância porque asseguram o abastecimento durante o período chuvoso, já que durante esse período as estradas de terra ficam intransitáveis. Depois da estocagem, a matéria-prima passa pelas seguintes etapas até a sua transformação final:

b) Extrusão.

Após o sazonalamento, a massa (argila ou mistura de argilas) é transportada para o caixão alimentador, que dosará a quantidade necessária para alimentar a linha de produção.

Apenas 60 cerâmicas no Estado possuem caixão alimentador automático. As outras 126 possuem um sistema manual de alimentação da argila formulada, através de uma esteira rolante alimentada por máquinas mecanizadas ou por carrinhos manuais na esteira rolante ou diretamente sobre um misturador ou um destorroador (Figura 7.9). Os percentuais de automatização desta etapa do processo por região são apresentados na Figura 7.10. A maior concentração de indústrias que não possuem caixão alimentador fica na região Seridó. De cada seis cerâmicas do Seridó, cinco não possuem caixão alimentador automático. Isto corresponde a 84% das cerâmicas da região (SEBRAE, 2013).



Figura 7.9 – Alimentação manual em cerâmica da cidade de Ouro Branco no Seridó.

Foto: José N. Galdino.

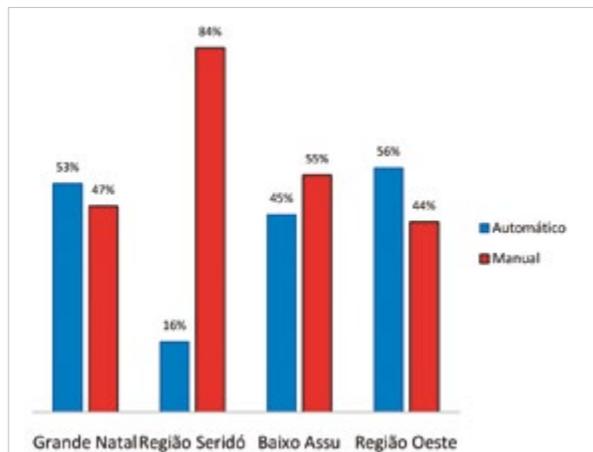


Figura 7.10 – Relação percentual de caixões alimentadores automáticos e manuais das cerâmicas do RN.

Fonte: Sebrae (2013).

A mistura dosada no caixão alimentador é transportada para desintegradores, onde os grandes blocos de argila são desintegrados e as pedras, se existirem, serão separadas por centrifugação. Na sequência, a massa de argila é levada por esteira transportadora até o misturador para ser homogeneizada e umidificada.

No processo de fabricação de peças de cerâmica vermelha, há que se salientar a importância da água. Ela é de fato um dos insumos mais importantes na indústria cerâmica, pois a massa depende dela para ser moldada. A umidade média necessária para realizar a extrusão de blocos de vedação deve variar entre 18% e 22% e, para telha, entre 16% e 20%. Parte da água (entre 5% e 10%) na massa já é proveniente naturalmente da jazida e complementada no processamento até atingir a umidade adequada; outra parte é extraída pela bomba de vácuo e pode ser reaproveitada no processo. Desta forma, a água adicionada é apenas aquela necessária para viabilizar o processo de extrusão.

A massa homogênea e úmida é novamente transportada para um laminador e de lá segue para o processo de extrusão, que consiste na conformação (moldagem) da massa argilosa através de sua compactação a vácuo em uma câmara de alta pressão, chamada de maromba, contra um molde.

Das 186 cerâmicas em atividade no Rio Grande do Norte, existem 10 que possuem duas linhas de produção, o que representa um total de 196 marombas (SEBRAE, 2013). A maior fornecedora de marombas para o Rio Grande do Norte é a Natreb

e, em segundo lugar, a Bonfanti. A região do Baixo-Açu é a única sem registro de maromba de fabricação artesanal.

Tabela 7.3 – Fornecedores de marombas para as cerâmicas do RN por região.

MAROMBA	GRANDE NATAL	REGIÃO SERIDÓ	BAIXO-AÇU	REGIÃO OESTE	TOTAL
Natreb	13	59	5	3	80
Bonfanti	10	6	24	6	46
Artesanal	5	11	0	3	19
Morando	3	2	4	4	13
Verdes	4	1	4	1	10
Bertran	0	8	0	0	8
Tubarão	1	5	0	0	6
Souza	0	5	1	0	6
Campinense	0	5	0	0	5
GR	0	1	0	0	1
Aman	1	0	0	0	1

Fonte: Sebrae (2013).

A extrusão é usada na fabricação de produtos cerâmicos há mais de 150 anos, sem grandes alterações tecnológicas desde a segunda metade do século passado, e continua sendo essencial para as indústrias cerâmicas de barro vermelho (telhas e tijolos). Ela permite uma homogeneização e retirada do ar da massa eficientes, além de garantir uma elevada produtividade – especialmente para produtos de seção transversal constante, como o tijolo (RIBEIRO et al., 2003).

c) Corte.

A massa após a extrusão, já com o formato do produto cerâmico, é conduzida para o cortador que pode ser automático ou manual. Todas as etapas do processo de fabricação das peças cerâmicas são importantes. No entanto, o corte, por ser a última etapa da confecção do produto, tem um papel fundamental. Se houver qualquer irregularidade no corte, a peça sairá defeituosa, devendo ser descartada.

Existem no RN cerâmicas que ainda trabalham com cortadores manuais. Porém, predominam as indústrias com cortadores automáticos. O corte automático é mais prático e eficiente, pois possibilita maior produção, além da padronização dos produtos.

Das 186 cerâmicas existentes no RN, 154 usam cortador automático de diversos modelos e apenas 32 fazem o corte manual (Tabela 7.4). Isto significa que houve uma redução de 17% do percentual de empresas que se utilizavam desse método de corte rudimentar em relação aos dados levantados pelo Senai em 2001, o que mostra um crescimento significativo na implantação de sistema de automação no setor.

A região Seridó é a que tem o maior número de cerâmicas que usam cortadores manuais (13 indústrias), mas também a que apresenta o maior percentual de automatização do corte, com 87% das cerâmicas utilizando cortadores automáticos. O pior resultado foi o da região da Grande Natal, com 76% das cerâmicas utilizando cortadores automáticos, conforme Figura 7.11. O Baixo-Açu e a Região Oeste apresentam relações similares, com 80% e 81% das cerâmicas com cortadores automáticos, respectivamente (SEBRAE, 2013).

Tabela 7.4 – Tipo de cortadores por região do Estado do Rio Grande do Norte.

CORTADOR	GRANDE NATAL	REGIÃO SERIDÓ	BAIXO-AÇU	REGIÃO OESTE	TOTAL
Automático	28	85	28	13	154
Manual	09	13	07	03	32

Fonte: Sebrae (2013).

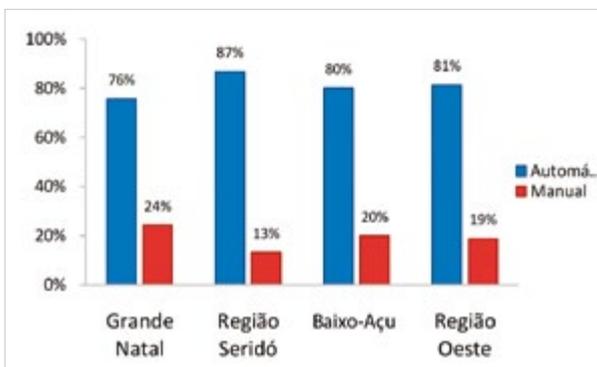


Figura 7.11 – Representação percentual de cortadores por região do Rio Grande do Norte (SEBRAE, 2013).

Fonte: Sebrae (2013).

É no momento do corte que as peças cerâmicas devem receber o carimbo contendo o nome da cerâmica e o município onde foi fabricada, além das dimensões e do telefone para contato. Trata-se de uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ainda desrespeitada por várias indústrias do setor.

d) Secagem.

Etapa em que se procura reduzir ao máximo a água utilizada na conformação das peças, que saem da extrusora com teor de água entre 20% e 30%. Depois da secagem, a umidade das peças deve se situar abaixo de 5%. A secagem pode ser feita de duas formas: natural ou induzida.

A secagem natural é feita sob exposição direta ao sol e ao vento, em locais de grande insolação e baixa umidade do ar, como o sertão nordestino (Figura 7.12), ou também em galpões, com as peças arrumadas em pilhas ou em prateleiras (Figura 7.13). Nesse último caso o processo é mais lento, porém mais seguro, uma vez que as peças ficam protegidas de eventuais chuvas (CARVALHO, 2001). No Rio Grande do Norte, 161 indústrias cerâmicas fazem a secagem de seus produtos exclusivamente ao natural, seja em pátio, galpão ou nas duas formas. Esse número corresponde a 86% das indústrias cerâmicas em atividade no Estado (SEBRAE, 2013).

Já a secagem induzida é feita em secadores intermitentes ou contínuos, nos quais se insufla o ar quente da chaminé, de um forno ou da queima de algum combustível (Figura 7.14). A secagem forçada ou artificial pode ocorrer em secadores intermitentes ou contínuos. Em ambos os casos, é necessário insuflar ar quente no secador. Este ar quente pode vir do aproveitamento de calor da chaminé dos fornos ou da queima de combustíveis exclusiva para esta finalidade.

Ao todo, 25 cerâmicas possuem secadores intermitentes e/ou contínuos, que correspondem a 14% das indústrias em atividade do setor cerâmico do RN. Destas, apenas duas, localizadas na Grande Natal, trabalham exclusivamente com secagem forçada.



Figura 7.12 – Secagem ao natural de telha em pátio aberto na região Seridó.

Foto: Sebrae (2013).



Figura 7.13 – Secagem natural de telhas em galpão (prateleiras) no Baixo-Açu.

Foto: Sebrae (2013).



Figura 7.14 – Secagem forçada de telhas em secador tipo túnel em cerâmica no Município de Currais Novos/RN.

Foto: Sebrae (2013)

e) Queima.

É a última etapa do processo produtivo da cerâmica vermelha e consiste na exposição das peças conformadas e secas a uma dada temperatura para que elas adquiram as propriedades desejadas e dentro de valores especificados.

A atividade ceramista depende de combustíveis para secar artificialmente e produzir seus produtos, como os óleos BPF e diesel, o gás natural, o GLP, além do carvão vegetal e da lenha, pó de serra, bucha de coco, etc (as empresas consomem energia elétrica apenas para ligar máquinas e equipamentos). Para que durante a queima os produtos cerâmicos de cor vermelha atinjam uma umidade inferior a 10%, a temperatura do forno dever estar entre 850 e 950°C.

O Capítulo 8 deste livro tratará dos principais fornos do setor de cerâmica vermelha e suas características. Mas cabe aqui resumir o estado da arte em que se encontra a tecnologia de queima de peças das indústrias desse setor no Estado.

Em geral, nas indústrias cerâmicas potiguares a queima de produtos de cerâmica vermelha é feita em fornos de chama direta, tipo caipira e garrafão, muito comum na região Seridó, e fornos de chama reversível tipo abóbada, igrejinha, corujinha e paulista; além de outros semicontínuos do tipo Hoffmann e Câmara, ainda pouco comuns no Estado.

Analisando-se a Tabela 7.5, verifica-se que o número de fornos no setor cerâmico do RN passou de 683 unidades no estudo do Senai em 2001 para 734 no diagnóstico do Sebrae em 2012, que corresponde a um crescimento de 7,5%. Nessa relação de fornos não foram incluídas as cerâmicas que queimavam seus produtos em caieiras, pois tecnicamente falando caieiras não são fornos.

Outra constatação é que o forno caipira ainda predomina no parque cerâmico do Estado. No entanto, nos últimos 11 anos a sua presença vem se reduzindo nas indústrias, dando lugar a outros mais eficientes. No perfil do Senai em 2001 existiam 450 fornos desse tipo; já no diagnóstico do Sebrae publicado em 2013 foram contabilizados 406, numa redução de 10%. Os fornos caipiras concentram-se na Região do Seridó. Dos 406 fornos existentes no setor, 339 unidades estão no Seridó, 56 na Grande Natal e 11 na Região Oeste. Somente na região do Baixo-Açu esse tipo de forno não é encontrado.

Tabela 7.5 – Tipos e quantidade de fornos nas cerâmicas do RN em 2001 e 2012.

TIPO DE FORNO	NÚMERO DE FORNOS (SENAI, 2001)	NÚMERO DE FORNOS (SEBRAE, 2012)
Caipira	450	406
Corujinha	113	138
Igreja	100	129
Hoffmann	10	17
Câmara	0	06
Abóbada	04	32
Túnel	02	03
Catarina	04	0
Baleia	0	02
Garrafão redondo	0	03
Não possui forno	(06)	(11)
TOTAL	683	735

Fonte: Sebrae (2013).

Apesar da evolução do consumo de gás natural nas indústrias cerâmicas do País, constatado nos dados do Balanço Energético Nacional 2012, a matriz energética do setor de cerâmica vermelha não só do Rio Grande do Norte como do Brasil ainda é predominantemente baseada na lenha (Tabela 7.6).

Como a lenha é a fonte de combustível mais abundante nos polos ceramistas e o seu preço é inferior aos dos demais combustíveis, ela se consolidou como a principal fonte de combustível das indústrias desse setor no Rio Grande do Norte. O uso insustentável desse combustível tem preocupado a sociedade e os gestores públicos por ser um fator que contribui para o desmatamento sistemático.

Os principais tipos de lenha são a de algaroba (nome científico *Prosopisjuliflora*) e o cajueiro (*Anacardiumoccidentale*). Algumas cerâmicas utilizam, além da lenha, a bucha de coco; outras utilizam briquetes ou pó de serra. As cerâmicas que utilizam bucha de coco na queima de seus produtos estão localizadas nas cidades de Goianinha e São José do Mipibu. Essas cerâmicas também consomem lenha para complementar a carga de combustível necessária para queima dos produtos cerâmicos (SEBRAE, 2013). Duas cerâmicas localizadas na Região da Grande Natal possuem sistema de gás natural instalado, porém não existe registro de consumo desse combustível nos últimos meses, segundo dados da Potigás.

Tabela 7.6 – Matriz energética do setor cerâmico – Brasil (%).

FONTES ENERGÉTICAS	EVOLUÇÃO										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Lenha	52,3	48,6	49,1	50,1	50,1	49,9	49,1	51,0	50,7	51,1	51,1
Gás natural	14,4	23,1	25,2	23,9	24,3	25,5	25,0	24,2	23,8	25,6	27,6
Óleo comb.	13,1	11,4	9,2	9,2	7,8	8,1	8,1	7,7	7,8	6,6	2,7
Elettricidade	7,7	7,8	7,8	8,2	7,9	7,8	7,4	7,2	7,3	7,2	7,3
Outras	12,6	9,1	8,7	8,7	9,8	8,7	10,4	9,8	10,4	9,5	11,3
TOTAL	100										

Fonte: Ministério das Minas e Energia (2012).

Sobre o aproveitamento do gás natural pelo setor cerâmico potiguar, deve-se registrar que já houve uma tentativa da mudança da matriz energética para o setor cerâmico do RN. Em 2000, o CTGAS–ER, através de sua Unidade de Assistência Técnica e Tecnológica (UNATT), fez um estudo visando à substituição da lenha pelo gás natural nas cerâmicas do Baixo-Açu. Porém, o crescente aumento no preço do gás natural tem inviabilizado o uso desse tipo de combustível pelo setor de cerâmica vermelha.

A Tabela 7.7 mostra o consumo médio de lenha e respectivo custo para as indústrias por região do RN; a Tabela 7.8 mostra o consumo de lenha por tipo de forno. As informações contidas em ambas as tabelas foram fornecidas pelos empresários e gerentes dos estabelecimentos.

Tabela 7.7 – Custo médio e consumo mensal de lenha por região do RN.

LENHA	G. NATAL	R. SERIDÓ	BAIXO-AÇU	R. OESTE
Consumo médio (m ³)*	22.363 m ³	46.314 m ³	26.390 m ³	7.777 m ³
Preço (algaroba)/(m ³)**	R\$ 26,55	R\$ 29,00	R\$ 27,85	R\$ 16,88

NOTA: (*) Média calculada com base no consumo de cada tipo de forno e produção de cada região do Estado.
(**) Média dos preços informados pelos responsáveis por responder aos questionários.

Fonte: Sebrae (2013).

Tabela 7.8 – Consumo médio de lenha por tipo de forno nas cerâmicas do RN.

TIPO DE FORNO	M ³ ST DE LENHA / TON DE ARGILA	M ³ ST DE LENHA / MIL PEÇAS (2,5 KG)
Caipira	0,40 a 0,64 m ³	1,0 a 1,6 m ³
Abóboda	0,40 a 0,60 m ³	1,0 a 1,5 m ³
Hoffmann	0,32 a 0,48 m ³	0,8 a 1,2 m ³
Câmara	0,20 a 0,30 m ³	0,5 a 0,75 m ³
Túnel	0,24 a 0,40m ³	0,6 a 1,0 m ³

Fonte: Sebrae (2013).

f) Comercialização.

Segundo o diagnóstico realizado pelo Sebrae em 2012, cada empresa do setor cerâmico possui aproximadamente 20 clientes ativos. Estes clientes são na grande maioria os depósitos de materiais de construção que correspondem a 60% das vendas do setor cerâmico; as construtoras compram diretamente ao setor cerâmico em média 18% dos produtos e os outros consumidores diretos, como pessoas físicas, prefeituras, etc., compram em média 22% (Figura 7.15).

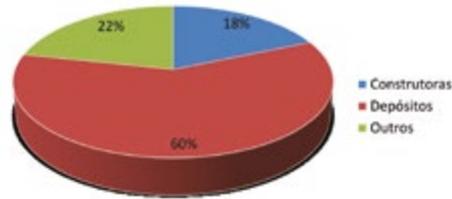


Figura 7.15 – Vendas por seguimento de mercado do setor cerâmico do RN.

Fonte: Sebrae (2013).

Considerando que a telha no Seridó responde por 81% do tudo que é produzido no Estado e que 78% de tudo que é produzido na região Seridó são vendidos para outros estados do Nordeste, significa que 96% das telhas do Seridó são vendidos também para outros estados da região – ou seja, a maior parte da produção de cerâmica vermelha do Rio Grande do Norte. O segundo mercado consumidor dos polos ceramistas são as outras cidades do próprio Estado, de modo que apenas uma pequena parcela da produção é vendida no mercado local (Figura 7.16).

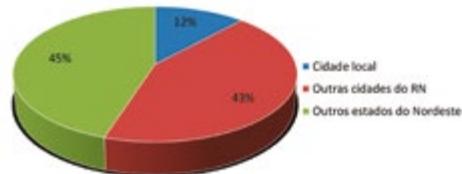


Figura 7.16 – Distribuição geográfica das vendas dos produtos cerâmicos do Rio Grande do Norte.

Fonte: Sebrae (2013).

7.3.3 Perfil socioeconômico das indústrias instaladas no Rio Grande do Norte

O setor cerâmico potiguar é constituído predominantemente por microempresas, de gestão familiar ou associativa, de baixa demanda tecnológica. Estas características tornam este segmento muito importante para a economia do Estado, gerando 6.395 empregos diretos e mais de 20 mil indiretos, contribuindo significativamente para fixar o homem ao campo, evitando a sua migração para as grandes cidades.

Em relação ao pessoal empregado neste setor no RN, a maioria possui apenas o ensino fundamental incompleto, concentra-se na faixa dos 18 aos 30 anos de idade (Figura 7.17) e ganha entre um e dois salários do setor. O salário base

é determinado pelo Sindicato Patronal e de Empregados, em acordos coletivos realizados uma vez por ano na data base. O valor é variável de acordo com a região de abrangência de cada Sindicato (SEBRAE, 2013).

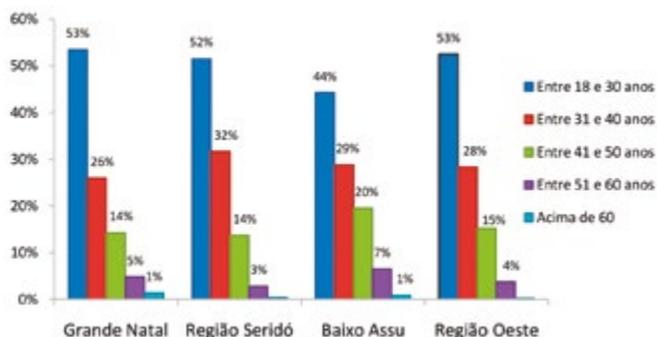


Figura 7.17 – Distribuição percentual de faixa etária por região.

Fonte: Sebrae (2013).

O maior número de empresas desse setor concentra-se no polo do Seridó, num total de 99 indústrias, que geram 3.277 empregos diretos e apresentam um faturamento médio anual de R\$ 126,9 milhões de reais (SEBRAE, 2013). As cerâmicas estão presentes em 15 cidades da região, sendo que a maior concentração está nos municípios de Parelhas e Carnaúba dos Dantas, com 33 e 20 cerâmicas, respectivamente. Juntas, essas 55 indústrias respondem por 53% das cerâmicas do Seridó e 28,5% das cerâmicas do Rio Grande do Norte.

O principal produto fabricado pelas cerâmicas da Região Seridó é a telha canal, pelo processo de extrusão. Além da telha, outros produtos também são produzidos, como blocos de vedação (tijolos) e lajotas. No Perfil Industrial da Cerâmica no RN, realizado pelo Senai em 2001, haviam sido cadastradas 79 cerâmicas em atividades na região; no diagnóstico do Sebrae (2013) foram registradas 99 cerâmicas em atividade, o que corresponde a um crescimento de 25% no número de cerâmicas em 11 anos.

A região da Grande Natal apresenta a segunda maior concentração de cerâmicas do Estado, num total de 38 indústrias; gera 1.226 empregos diretos e um faturamento médio anual de R\$ 33,6 milhões. A maioria das indústrias cerâmicas da Grande Natal concentra-se na Cidade de São Gonçalo do Amarante (10), Santa Cruz (6) e Goianinha (5).

O principal produto fabricado pelas cerâmicas dessa região é o bloco de vedação (tijolo 9x19x19), além de outros produtos como telhas, lajotas, blocos estruturais, tijolos aparentes e casquilhos. Também no Perfil Industrial da Cerâmica no RN

(2001) haviam sido cadastradas 29 cerâmicas em atividades nesta mesma região, o que significa um crescimento de 31% em 11 anos. Nesse cadastro, a cidade de Nísia Floresta tinha duas cerâmicas em atividade e Ceará Mirim apenas uma. Hoje, as três empresas estão fechadas. Outras cidades que no cadastro de 2001 não tinham cerâmicas, hoje possuem cerâmicas em atividade, como por exemplo, Lagoa de Velhos, com três indústrias, e Barcelona, com duas.

A Região Oeste é a região que apresenta o menor número de indústrias em atividades no Rio Grande do Norte, com 16 cerâmicas, gerando 480 empregos diretos e obtendo um faturamento médio anual de R\$ 16 milhões. Nessa região, o número de indústria em atividade permaneceu o mesmo nos últimos 11 anos (SENAI, 2001; SEBRAE, 2013) e o principal produto fabricado nessa região é o bloco de vedação (tijolo), além de telhas, blocos estruturais lajotas e tijolos aparentes.

A indústria cerâmica da região do Baixo-Açu, foco dos estudos elaborados para essa obra, será caracterizada no tópico a seguir.

7.4 A indústria de cerâmica vermelha do Baixo-Açu



Figura 7.18 – Indústria de cerâmica vermelha de Assú.

Foto: Marília Estevão Tavares.

A Região do Baixo-Açu, apesar de estar em terceiro lugar no Estado em termos de número de indústrias cerâmicas (18% do total de empresas), é responsável por 25% do faturamento anual do setor (aproximadamente R\$ 51,5 milhões) sendo, por isso, considerada como segundo polo ceramista potiguar, atrás apenas da região do Seridó (Figura 7.19). A desproporção entre o número de empresas e os respectivos faturamentos deve-se ao fato de as indústrias dessa região se encontrarem num padrão tecnológico superior àquelas instaladas nas outras três regiões (SEBRAE, 2012).

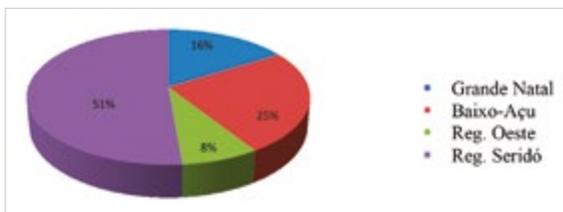


Figura 7.19 – Faturamento de cada região em relação ao faturamento médio anual do setor cerâmico do Rio Grande do Norte.

Fonte: Sebrae (2012).

A região possui 32 indústrias cerâmicas em operação: 16 no município de Itajá, nove em Assú, quatro em Ipanguaçu e três em Pendências. Juntas, elas produzem cerca de 26.000 milhões de peças por mês – 57% de tijolos (comuns e estruturais), 28% de telhas e 14% de lajotas. A produção das cerâmicas da região é comercializada nos maiores centros consumidores do Estado, como Natal, Parnamirim e Mossoró (TAVARES, 2013).

É importante frisar que a região foi a única em que se verificou uma redução no número de indústrias em atividade comparativamente aos números do cadastro realizado pelo Senai em 2001. Na época, existiam 35 cerâmicas em atividade, o que significa, em 11 anos, uma redução de 8,5% no número de empresas, tomando-se como base o estudo de Tavares (2013), e de 6% conforme o último diagnóstico do Sebrae (2013).

Segundo as regras do Simples (sistema tributário diferenciado, simplificado e favorecido previsto na Lei Complementar nº 123, de 14.12.2006), as cerâmicas da região podem ser enquadradas como empresas de pequeno porte por terem receitas brutas anuais acima de R\$ 360 mil e abaixo de R\$ 3,6 milhões, conforme os depoimentos de 15 dos 28 empresários entrevistados que aceitaram divulgar a receita bruta obtida em 2011. A média das receitas brutas dessas 15 empresas em 2011 foi de R\$ 1.607.066,00 – a menor foi de R\$ 750 mil e, a maior, de R\$ 3,3 milhões (TAVARES, 2013).

A produção média de uma indústria de cerâmica vermelha no Baixo-Açu é de 825 mil peças por mês – a menor produção é de 300 mil peças/mês e a maior é de 1,5 milhão de peças/mês. Pelos padrões de produção da região, uma fábrica de pequeno porte produz até 700 mil peças por mês; a de médio porte produz entre 700 mil e um milhão de peças por mês; acima de um milhão de peças mensais a empresa é considerada de grande porte. Nesses parâmetros, a região possui

10 indústrias de pequeno porte, 11 de médio porte e sete de grande porte (TAVARES, 2013). Tais características tornam este segmento muito importante para a economia da região, porque gera empregos numa das regiões mais carentes do Estado, contribuindo para fixar o homem em suas cidades, evitando a sua migração para os centros maiores (CARVALHO, 2001).

7.4.1 Perfil tecnológico das indústrias cerâmicas do Baixo-Açu

a) Obtenção da argila.

Os produtores de cerâmica do Baixo-Açu retiram a argila das várzeas do Rio Açu. Por uma questão de logística e, conseqüentemente, de custo, é perto das jazidas que as fábricas se instalam (CARVALHO, 2001). Em pesquisa de campo, Tavares (2013) constatou que a expectativa de consumo de argila nas cerâmicas do Baixo-Açu, em 2012, era de 36.144 carradas, cada uma com capacidade média de 15 m³, o que faz um total de 542.160 m³ (921.672 toneladas) utilizadas para produzir cerca de 317,4 milhões de peças/ano (753.452 t). A diferença entre o peso da argila crua e o peso das peças produzidas (22%) está dentro do percentual esperado de umidade retirada das peças nos processos de secagem e cozimento – em torno de 24%.

b) Fornos.

Segundo Tavares (2013), em julho de 2012 os fornos mais encontrados nas cerâmicas da região do Baixo-Açu eram: paulistinha (203), com eficiência média de 1,45 m³st de lenha por milheiro; Hoffmann (2), com eficiência média de 0,67 m³st de lenha por milheiro; Câmara Cedan (5), com a mesma eficiência dos fornos Hoffmann.



Figura 7.20 – Forno paulistinha, da Cerâmica Aliança 2, em Assú, RN.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figura 7.21 – Forno Hoffmann.

Foto: Rivaldo Nóbrega.



Figura 7.22 – Forno câmara de uma cerâmica, Baixo-Açu, RN.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figuras 7.23 e 7.24 – Parte superior de um forno Hoffman com as aberturas para alimentação do fogo, Assú, RN.

Fotos: Marília Estevão Tavares.



Figura 7.25 – Alimentação do fogo de uma das câmaras de forno câmara com lenha. Baixo-Açu, RN.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figura 7.26 – Castanha de caju, usada como combustível nos fornos Hoffman e Câmara Cedan. Assú, RN.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figura 7.27 – Cerâmicas já cozidas armazenadas no pátio da Cerâmica Semar, em Assú.

Foto: Marília Estevão Tavares.

c) O uso da lenha na indústria cerâmica do Baixo-Açu.

Como nos demais polos ceramistas do Estado, a lenha se consolidou como a principal fonte de calor dos fornos das indústrias cerâmicas do Estado e do Baixo-Açu em particular e a razão, como sempre, é o preço. Pelo fato de ser um produto extraído da natureza, mesmo que a distâncias cada vez maiores das empresas consumidoras, a lenha ainda é mais barata do que seus concorrentes, frutos de processos produtivos que envolvem custos maiores do que a simples extração da mata nativa. Apenas três empresas usam outras biomassas de forma complementar. Atualmente, só o setor ceramista da região consome 33.241 m³st de lenha por mês para produzir 26,5 milhões de peças, uma média de 797 milheiros/mês por empresa (Tabela 7.9).



Figura 7.28 – Lenha acumulada no pátio de uma cerâmica da região.

Foto: Marília Estevão Tavares.

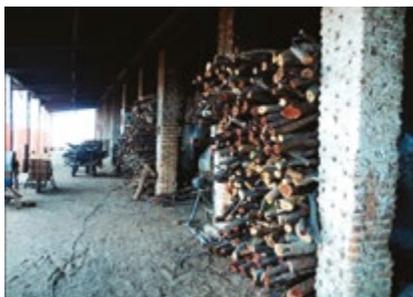


Figura 7.29 – Lenha estocada ao lado dos fornos de uma cerâmica de Itajá, RN.

Foto: Marília Estevão Tavares.

Com um preço médio de R\$ 25,00 o metro cúbico estéreo, o custo da lenha é o segundo mais relevante entre todos os custos de produção das empresas localizadas na região estudada (o primeiro é o gasto com mão de obra), podendo variar entre 15% e 25% das despesas totais. Isso se configura numa situação de extrema vulnerabilidade para os ceramistas, que por esta razão estão cada vez mais procurando empregar resíduos vegetais de origem agrícola e industrial, para reduzir seus custos (INT, 2012).

Porém, mais preocupante do que o alto custo da lenha é a oferta do combustível. Dos 32 proprietários/administradores de cerâmicas entrevistados, apenas dois minimizaram as dificuldades de se conseguir lenha na própria região. A grande maioria reconheceu que ela estava sendo obtida em locais cada vez mais distantes de suas fábricas e que o preço era uma questão menor diante da perspectiva de uma crise no seu fornecimento.

Tabela 7.9 – Consumo mensal de lenha nas cerâmicas do Baixo-Açu.

CERÂMICA	EMPRESAS	PRODUÇÃO (MILHEIROS)	CONSUMO DE LENHA (M ³ ST)	PREÇO DO M ³ ST (R\$)	GASTO COM LENHA (R\$)	RAIO DE EXTRAÇÃO DA LENHA (KM)
1	Assú	1000	200 ¹	30,00	6.000,00	80 km
2	Assú	800	960	25,00	24.000,00	60 km
3	Assú	850	1.100	30,00	33.000,00	180 km
4	Assú	1200	450 ²	38,00	17.100,00	100 km
5	Assú	800	1.444	25,00	36.100,00	130 km
6	Assú	600	800	20,00	16.000,00	100 km
7	Assú	650	1.050	27,50	28.875,00	70 km
8	Assú	500	640 ³	25,00	16.000,00	100 km
9	Assú	800	1.600	31,50	50.400,00	60 km
10	Ipanguaçu	1000	1.800	25,00	45.000,00	100 km
11	Ipanguaçu	700	1.260	25,00	31.500,00	100 km
12	Ipanguaçu	800	1.120	25,00	28.000,00	60 km
13	Ipanguaçu	800	640	23,50	15.040,00	130 km
14	Itajá	700	1.000	30,00	30.000,00	60 km
15	Itajá	1500	700	30,00	21.000,00	70 km
16	Itajá	1400	1.680	25,00	42.000,00	160 km
17	Itajá	1000	2.500	27,50	68.750,00	80 km
18	Itajá	850	800	26,00	20.800,00	40 km
19	Itajá	800	880	30,00	26.400,00	70 km

Tabela 7.9 – Consumo mensal de lenha nas cerâmicas do Baixo-Açu (continuação).

CERÂMICA	EMPRESAS	PRODUÇÃO (MILHEIROS)	CONSUMO DE LENHA (M ³ ST)	PREÇO DO M ³ ST (R\$)	GASTO COM LENHA (R\$)	RAIO DE EXTRAÇÃO DA LENHA (KM)
20	Itajá	700	1050	30,00	31.500,00	120 km
21	Itajá	700	700	23,50	16.450,00	100 km
22	Itajá	800	1.200	28,00	33.600,00	50 km
23	Itajá	600	600	31,50	18.900,00	60 km
24	Itajá	600	600	31,50	18.900,00	60 km
25	Itajá	900	1.260	25,00	31.500,00	100 km
26	Itajá	800	1.040	23,50	24.440,00	100 km
27	Itajá	800	960	33,00	31.680,00	100 km
28	Itajá	700	1.750	30,50	53.375,00	60 km
29	Itajá	800	1.600	25,00	40.000,00	—
30	Pendências	900	747	25,00	18.675,00	20 km
31	Pendências	800	1.200	20,00	24.000,00	160 km
32	Pendências	600	1.200	25,00	30.000,00	25 km
RESULTADOS		26.450 milheiros/mês e 317.400 milheiros/ano	33.241 m ³ st/mês 398.892 m ³ st/ano	PREÇO MÉDIO: 25,00	GASTO TOTAL: 928.985,00 GASTO MÉDIO 29.030,00	DIST. MÉDIA 88 Km

Notas: 1) A cerâmica também consome 350 m³ de pó de serra/mês. O pó é buscado em Natal. 2) Consome ainda 18 t/mês de casca de castanha, obtida na Serra do Mel. 3) Média de preço entre o estêreo de algaroba e de poda de cajueiro. 4) Também usa casca de coco (2%) e casca de castanha (4%).
Fonte: Tavares (2013).

Apesar da importância da lenha na produção de cerâmica vermelha, são poucos os empresários do ramo que demonstram conhecer a estrutura de preço dos seus próprios produtos. Apenas 10 dos 28 entrevistados sabiam quanto custava produzir um milheiro de seus produtos, assim como a participação da lenha nos respectivos custos totais de produção – em média 27%. Todavia, esse percentual é mais ou menos o mesmo estimado pelos demais que não demonstraram um conhecimento técnico dos respectivos custos, mas que compartilhavam da preocupação em reduzi-los.

O administrador da Cerâmica Esperança, localizada em Ipangaçu, relatou que há três anos era possível se obter lenha a 20 km, no máximo a 30 km da fábrica; hoje, ele afirma buscar o combustível rotineiramente a uma distância superior a 70 km, chegando muitas vezes até as proximidades de Natal, a 230 km. A mesma dificuldade foi relatada pelo proprietário da Cerâmica Portal do Vale, em Assú, que afirmou buscar lenha num raio superior a 80 km (TAVARES, 2013).

Os empresários relataram que na estação chuvosa, entre os meses de março e maio, é muito difícil conseguir lenha seca. Para compensar essa redução já esperada, as indústrias aumentam a produção nos outros meses para garantir um estoque de produtos que atenda às demandas do mercado (tal sazonalidade não afeta os cálculos de consumo de lenha pela indústria cerâmica apresentados na Tabela 7.5, uma vez que o menor consumo nos meses chuvosos é compensado nos meses secos, de modo a se ter uma projeção de consumo anual, dividido por 12 para se obter a média mensal).

d) Padrão de qualidade das peças cerâmicas.

O uso de combustíveis heterogêneos, como lenha e resíduos de diversas espécies vegetais provoca irregularidades na queima. Este problema, aliado ao descontrole do processo de combustão e à má distribuição do calor no forno costumam ser responsáveis por mais de 70% das ocorrências de perda de produção (SCHWOB, 2007 apud INT, 2012).

No Rio Grande do Norte, as perdas das cerâmicas são estimadas entre 10% e 15% (INT, 2012). A pesquisa de campo constatou que das 26.450.000 peças fabricadas, cerca 81% são segregadas de acordo com o resultado final de todo o processo produtivo. Dentre os produtos segregados, 67,56% deles são classificados como sendo de 1ª qualidade; 26,72% como sendo de 2ª qualidade e 5,71% são considerados 3ª qualidade e constantemente doados pelas empresas por não reconhecerem neles valor comercial, o que nesse caso também pode ser considerado perda (Tabela 7.10).

Tabela 7.10 – Distribuição da produção por níveis de qualidade.

PRODUTOS (UNID)	QUALIDADE			TOTAL CLASSIF.
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	
Tijolos (comuns e estruturais)	9.153.700 (75%)	2.450.870 (20%)	553.930 (5%)	12.158.500
Telhas	3.143.801 (48%)	2.789.221 (43%)	585.928 (9%)	6.518.950
Lajotas	2.251.150 (79%)	513.375 (18%)	89.875 (3%)	2.854.400
TOTAL/MÊS	14.548.651 (67,56%)	5.753.466 (26,72%)	1.229.733 (5,71%)	21.531.850 (100%)

Fonte: Tavares (2013).

Dentre as prioridades de investimentos destacadas pelos proprietários das indústrias cerâmicas do Baixo-Açu para os próximos anos, está a reforma dos fornos existentes e a construção de outros mais modernos, como os fornos Câmara Cedan, Hoffman e túnel, capazes de produzir com mais eficiência e qualidade.

7.4.2 Emprego e renda

A indústria de cerâmica vermelha vem, ao longo dos anos, absorvendo expressivos contingentes de mão de obra, sobretudo de trabalhadores menos qualificados e socialmente mais dependentes, gerando empregos com baixo custo e ajudando a fixar a população em seus próprios municípios. Os dados coletados sobre a mão de obra empregada nas cerâmicas e sua remuneração indicam a importância social que a atividade representa para esta que é uma das regiões mais pobres do Estado.

As 32 indústrias do setor que operam atualmente no Baixo-Açu são responsáveis por cerca de 1.500 postos de trabalho com carteira assinada, que terão representado, ao final de 2012, mais de R\$ 20 milhões pagos em salários, gastos na região. Os valores mensais gastos com salários foram multiplicados por 13, considerando como sendo esse o número de parcelas pagas ao longo do ano (Tabela 7.11)

Mantendo-se a proporção entre empregos diretos e indiretos no setor ceramista nacional, em que para 293.000 postos de trabalho com carteira assinada registrados em todo o País existem 1,25 milhão de empregos indiretos (INT, 2012), estima-se que, no Baixo-Açu, a atividade gere ocupação e renda indiretamente para 6,4 mil trabalhadores que participam da cadeia produtiva do setor como fornecedores e transportadores de lenha e argila e prestadores dos mais diferentes tipos de serviço necessários ao funcionamento de uma indústria – estimativa essa que coincide com a opinião das lideranças do setor na região.

A maioria das empresas é mantida por membros da própria família, mas é comum que elas sejam arrendadas a terceiros – caso de sete das empresas visitadas. Possuem, em média, 48 empregados (o menor número 25 e maior 80), que se encarregam das atividades de produção e administração. Os salários variam do mínimo comercial até R\$ 5 mil para os cargos de gerência, mas cerca de 80% da força de trabalho se situa na faixa entre 1 salário mínimo e R\$ 1.500,00. A jornada de trabalho é de 44 horas semanais divididas em oito horas diárias, com dois turnos: das 7h às 11h e das 13h às 17h.

Tabela 7.11 – Empregos e salários na indústria cerâmica do Baixo-Açu (2012).

CERÂMICA	MUNICÍPIO	PRODUÇÃO MENSAL DE PEÇAS (MILHEIROS)	Nº DE FUNCIONÁRIOS	GASTO ANUAL COM SALÁRIOS (R\$)*
1	Assú	1000	62	780.000,00
2	Assú	800	50	910.000,00
3	Assú	850	40	520.000,00
4	Assú	1200	55	780.000,00
5	Assú	800	44	624.000,00
6	Assú	600	29	299.000,00
7	Assú	650	32	390.000,00
8	Assú	500	45	559.000,00
9	Assú	800	48	670.000,00
10	Ipanguaçu	1000	50	715.000,00
11	Ipanguaçu	700	45	580.000,00
12	Ipanguaçu	500	32	390.000,00
13	Ipanguaçu	650	60	819.000,00
14	Itajá	700	64	845.000,00
15	Itajá	1500	80	1.118.000,00
16	Itajá	1400	48	650.000,00
17	Itajá	1000	42	780.000,00
18	Itajá	850	55	715.000,00
19	Itajá	500	35	780.000,00
20	Itajá	600	25	507.000,00
21	Itajá	700	45	585.000,00
22	Itajá	800	43	650.000,00
23	Itajá	600	40	559.000,00

Tabela 7.11 – Empregos e salários na indústria cerâmica do Baixo-Açu (2012) (continuação).

CERÂMICA	MUNICÍPIO	PRODUÇÃO MENSAL DE PEÇAS (MILHEIROS)	Nº DE FUNCIONÁRIOS	GASTO ANUAL COM SALÁRIOS (R\$)*
24	Itajá	600	40	559.000,00
25	Itajá	900	53	806.000,00
26	Itajá	800	42	585.000,00
27	Itajá	800	42	492.000,00
28	Itajá	800	64	845.000,00
29	Itajá	800	46	670.000,00
30	Pendências	900	33	390.000,00
31	Pendências	800	40	598.000,00
32	Pendências	600	50	806.000,00
TOTAIS		26.450	1.479	20.196.000,00

Nota: (*) 13 salários/ano.

Fonte: Tavares (2013)

A pesquisa de campo constatou também que, no tocante à qualificação da mão de obra local, cerca de metade dos trabalhadores do setor ceramista não chegou a concluir o 1º grau. Recente trabalho divulgado pelo Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Norte (SEBRAE, 2013) não só ratificou os dados apurados na pesquisa como revelou que apenas 30% da mão de obra do setor possuem o 1º grau completo e que apenas 18% concluíram o ensino médio – praticamente não existem funcionários e nem mesmo empresários com nível superior.

7.5 A indústria cerâmica e o agravamento da desertificação no Baixo-Açu

O fato de se basear no extrativismo mineral e vegetal e de o Baixo-Açu ser um de seus principais polos faz da indústria de cerâmica vermelha um segmento importante a ser considerado em quaisquer propostas e planos de preservação ambiental ou de mitigação dos prejuízos causados pela pressão antrópica sobre a base de recursos naturais da região.

Em relação à extração da argila, os principais impactos ambientais são a erosão, o escorregamento de taludes e o conseqüente assoreamento dos rios. Deve-se levar em conta também a descaracterização da paisagem local com os impactos visuais negativos que isso implica (SOUZA, 2006).



Figura 7.30 – Paisagem degradada na região do Baixo-Açu.

Foto: Sílvio Tavares.

No que diz respeito ao extrativismo vegetal, as 32 fábricas de tijolos, telhas e lajotas instaladas na região são as principais consumidoras de lenha dentre todos os ramos industriais. O suprimento desse combustível ainda depende muito do desmatamento da vegetação nativa – a Caatinga – uma vez que os demais combustíveis disponíveis no mercado (óleo BPF, óleo diesel, gás natural, GLP, etc) representam um custo maior de produção e que não existem florestas plantadas para fins energéticos no Estado, nem desmatamentos legalizados capazes de suprir a demanda crescente das indústrias (SOUZA, 2006; CARVALHO, 2001).

Na pesquisa realizada para este trabalho com os donos das indústrias do Baixo-Açu verificou-se que praticamente todos têm entre suas prioridades, a instalação de novos fornos que, além de lenha, consigam queimar os mais diferentes tipos de biomassa com mais eficiência. Todos eles se mostraram especialmente preocupados com a dependência de uma lenha cada vez mais difícil e cara de ser obtida.

De acordo com dados do IBAMA–RN de 2012, fornecidos pelo responsável pelo Núcleo de Gestão Estratégica do Ibama–RN, o engenheiro agrônomo Claudius Monte de Sena (comunicação pessoal), 20 cerâmicas da região comprovaram estar recebendo lenha proveniente de Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS). De acordo com Monte, aparentemente todos esses PMFS são de terceiros, mas a maior parte do material queimante é oriunda da mata nativa tanto do Baixo-Açu quanto de outras regiões do Estado.

O uso intensivo de lenha nativa na fabricação de telhas, tijolos e lajotas, sem que haja tempo para a vegetação se recompor, tem reduzido a área de florestas nativas, acelerando o processo de desertificação da região já considerado grave (MMA, 2004). Além de tornar a produção de cerâmica vermelha insustentável, já que ela depende de uma lenha cada vez mais difícil de ser obtida, o desmatamento sistemático destrói o potencial produtivo da terra, tendo como principal impacto

a insegurança alimentar da população local, a perda da biodiversidade e o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios (FANG, 2001 apud SOUZA, 2006).

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (2003), as perdas econômicas advindas da desertificação podem chegar a US\$ 300 bilhões por ano. Já os custos para a recuperação das áreas mais afetadas foram estimados em US\$ 2 bilhões para um período de 20 anos. Portanto, a modernização no processo de queima e, sobretudo, a diversificação da matriz energética e do setor cerâmico brasileiro, nordestino e potiguar são fundamentais para a própria sobrevivência da atividade e os empresários do setor estão conscientes disso.

Entre as vantagens que a diversificação da matriz energética traria ao setor ceramista potiguar destacam-se: garantia de fornecimento, possibilidade de certificação ambiental (ISO 14000), melhor qualidade e redução de perdas do produto (ABREU; GUERRA, 2000 apud SOUZA, 2006); para o meio ambiente, isso significaria reduzir a pressão antrópica, permitindo a recomposição vegetal a níveis aceitáveis. Em se tratando de uma região que vive um grave processo de desertificação, como é o caso do Baixo-Açu potiguar, a substituição da lenha por outros combustíveis é fundamental para a preservação do Bioma Caatinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Componente cerâmicos telhas**: Terminologia, Requisitos e Métodos de Ensaio – ABNT NBR 15310/2009.

BACCELLI JÚNIOR, G. **Avaliação do processo industrial da cerâmica vermelha na região do Sérido - RN**. 2010. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Disponível em: <http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado//tde_arquivos/10/TDE-2010-12-28T070837z-3214/Publico/GilbertoBJ_TESE_capa%20ate%20pg200.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2012.

CARVALHO, O. O. & LEITE, J. Y. P. – **Análise do Processo Produtivo da Cerâmica do Gato**, Itajá/RN. Atas do 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica e 4º Congresso de Cerâmica do MERCOSUL. ABC, Florianópolis/SC, 1998.

CARVALHO, O. O. **Avaliação técnica e econômica de uma jazida de argila branca do vale do Rio Baldun**, Arês/RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 44., 1999, Águas de São Pedro. Atas, São Paulo: ABC, 1999.

CARVALHO, O. de C.; LEITE, J. Y. P.; REGO, J. M. do. **Perfil industrial da cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte**: uma síntese. Natal: FIERN: Senai 2001. CD-ROM.

COELHO, J. M. **Perfil de argilas para cerâmica vermelha**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2009. (Relatório técnico, 32). Disponível em < http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P23_RT32_Perfil_da_Argila.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2012.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO GRANDE DO NORTE. **Cadastro Industrial do Rio Grande do Norte**. Fiern, Natal/RN, 2008.

GALDINO, J. N. **Programa de apoio ao desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Pernambuco/Promata**, Recife, 2007. Setor Cerâmico. Relatório de Consultoria.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA (Brasil). **Panorama da indústria da cerâmica vermelha no Brasil**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em:< http://redladrilleras.net/documentos_galeria/PANORAMA%20DA%20INDUSTRIA%20DE%20CERAMICA.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balço energético nacional 2012**: Ano base 2011. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012. Disponível em:<<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Brasília, 2004. Disponível em <www.ibama.gov.br/rn/wp-content/files/2009/05/PAN_BRASIL.pdf>. Acesso em julho de 2011.

REGO, M. C. S – **Manual de operação do forno Hoffmann** / Rio de Janeiro: Sebrae/RJ, 2000.

RIBEIRO, M. J.; FERREIRA, A. A. L.; LABRINCHA, J. A. Aspectos fundamentais sobre a extrusão de massas de cerâmicas vermelhas. **Revista Cerâmica Industrial**, São Paulo, n. 8, p. 37/42, jan/fev. 2003. Disponível em:<http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v08n01/v8n1_6.pdf>. Acesso em: 18 out. 2012.

SEBRAE/RN – **Diagnóstico da Indústria Cerâmica do Rio Grande do Norte**. Natal/RN, 1989.

SEBRAE/RN – **Pesquisa do Setor Ceramista Seridó-Trairy**. Sebrae, Núcleo Regional do Seridó, Caicó/RN, 2000.

SEBRAE/RN. **Diagnóstico da Indústria de Cerâmica Vermelha do Rio Grande do Norte**. Natal, 2012. Disponível em:<www.rn.agenciasebrae.com.br/anexo_download.kmf?cod=680>. Acesso em: 20 out. 2012.

SEBRAE/RN – **Diagnóstico da Indústria de Cerâmica Vermelha do Rio Grande do Norte**. Natal/RN: relatório final – Natal: Sebrae/RN, 2013.

SENAI. **Perfil da indústria cerâmica vermelha do Rio Grande do Norte**: relatório de pesquisa. Natal, 2001.

SOUZA S. R.; PEREIRA, R.; SANTOS, C. M. dos. Levantamento de autos de infração pelo Ibama/RN relacionados aos empreendimentos de cerâmica no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Holos**, Natal, v. 2, p. 21–44, 2006.

TAVARES, M. A. M. E. **Estudo da viabilidade da produção de briquete e seus possíveis impactos sobre o meio ambiente e o mercado de trabalho da região do Baixo-Açu, RN**. 2013. 245 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

Fornos para Cerâmica Vermelha e Eficiência Energética

José Nildo Galdino

Judas Tadeu da Costa Ferreira Neri

Kerson Carlos Lima dos Santos

Melise Carina Duarte de Almeida

Rodrigo Pereira da Silva

8.1 Principais fornos da indústria de cerâmica vermelha

8.2 O sistema de queima e a eficiência energética do setor ceramista

RESUMO Neste capítulo abordaremos os principais tipos de fornos da indústria de cerâmica vermelha, os princípios de funcionamento e a eficiência energética para o setor. A queima é a última etapa de produção de blocos de vedação (tijolos), telhas, lajotas, blocos estruturais e outros produtos da indústria de cerâmica. Nessa etapa é importante a escolha do forno mais adequado ao tipo de produto e processo. Os fornos utilizados pelas indústrias cerâmicas brasileiras são bem variáveis, desde os mais simples e primitivos, como os fornos caipiras e as caieiras presentes em alguns estados brasileiros, aos mais automatizados e eficientes, como os fornos túneis.

8.1 Principais fornos da indústria de cerâmica vermelha

Os fornos do setor de cerâmica vermelha são divididos em três famílias: os fornos intermitentes, em que a carga e o sistema de combustão são estáticos e onde os processos de carga, de queima e de descarga ocorrem por bateladas; os fornos semicontínuos em que a carga é estática e o sistema de combustão é dinâmico; e os fornos contínuos, onde a carga é dinâmica e o sistema de combustão é estático.

8.1.1. Fornos Intermitentes

Conforme o processo de convecção de calor no interior, os fornos intermitentes são divididos em dois tipos: os de chama direta e os de chama inversa.

Os fornos intermitentes de chama direta, os mais primitivos, são denominados de caipiras e são usados principalmente para queimar telhas. Eles consistem em um sistema do tipo caixão retangular, com quatro paredes laterais, teto aberto, sem cobertura, conforme ilustrado na Figura 8.1. A alimentação de combustível é feita pela parte de baixo do forno. Após o enforno das peças cerâmicas o forno é coberto com telhas.

Este tipo de forno tem consumo elevado de combustível e apresenta produtos de baixa qualidade, devido principalmente à baixa pressão e temperatura atingidas durante o processo de queima, por ser um forno aberto, sem cobertura, evidenciando alta perda térmica. Há grande perda de produtos pelo excesso de queima das primeiras camadas que têm contato direto com a combustão enquanto que as camadas superiores ficam cruas. Os gases provenientes da combustão (gases quentes) sobem acompanhando as paredes laterais internas do forno, distribuindo-se entre as peças a queimar, atravessando-as em sentido ascendente, para passar entre os espaços das telhas ou furos dos tijolos, saindo livremente pela parte superior do forno.



Figura 8.1- Forno intermitente de chama direta tipo caipira.

Ilustração: Rafael Ernandez dos Passos



Figura 8.2 – Forno caipira em Parelhas/
RN, região do Seridó.

Foto: José Nildo Galdino.

Nestes fornos existe grande dificuldade em manter a temperatura homogênea. A temperatura é alta na parte inferior do forno e baixa na parte superior. Este tipo de forno é comum em vários estados brasileiros, como a Paraíba e o Paraná. Neste último, representa 96,6% do total de fornos (MINEROPAR 2013). No Rio Grande do Norte seu uso é frequente na região do Seridó (Figura 8.2).

Nos fornos intermitentes de chama inversa ou reversível, os gases provenientes da combustão (gases quentes) sobem acompanhando a curvatura das paredes interiores até a abóbada. Depois, distribuem-se entre as peças a queimar, atravessando-as em sentido descendente, para passar à galeria de gases através dos orifícios da soleira, chamados de crivos, reunindo-se em um canal que conduz à chaminé. Esses fornos proporcionam uma queima de qualidade superior aos fornos tipo caipira, porém existe grande dificuldade em manter a temperatura homogênea. Ao contrário dos fornos caipiras, a temperatura desses fornos são altas na parte superior e baixa na parte inferior. Na queima, principalmente de telhas, as camadas da parte baixa do forno são de telhas de 2ª e 3ª qualidades.

É grande a variedade de tipos de fornos intermitentes utilizados: abóbada, igrejinha, catarina, corujinha, paulista etc. O forno cuja seção horizontal é circular, e geralmente com seis fornalhas, é conhecido como abóbada. Quando retangular, com câmaras de combustão ao longo de uma das paredes e a chaminé, ou chaminés, do outro lado, é conhecido como corujinha. Quando são muitas as chaminés, uma para cada fornalha é conhecido como Igreja. Quando é construído com duas seções retangulares geminadas, sendo que o duto de gases passa pela parede comum dos dois fornos, é conhecido como catarina.

O Rio Grande do Norte apresenta todas estas variações de fornos, mas são todos chamados ou de abóbada ou de paulistinha, apesar da diferença entre ambos (Figuras 8.3 e 8.4). Depois dos fornos caipiras, os fornos intermitentes de chama reversível tipo igreja e corujinha, são os mais comuns no setor cerâmico do Estado. O primeiro é encontrado com frequência na região da Grande Natal e o segundo na região do Baixo-Açu (SENAI, 2001).

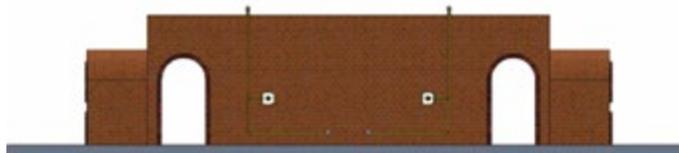


Figura 8.3 – Desenho esquemático de um forno paulistinha.

Fonte: Alutal Controles Industriais.



Figura 8.4 – Desenho esquemático de um forno abóbada.

Fonte: Alutal Controles Industriais.

8.1.2. Fornos semicontínuos

Um dos tipos de fornos semicontínuos do setor de cerâmica vermelha é o Hoffmann que tem um processo de queima com zona de fogo dinâmica (móvel) e carga estática (fixa), com grande aproveitamento de calor (Figura 8.5). Nesse tipo de forno, a alimentação de combustível é realizada pela parte superior. O movimento convectivo do calor no interior ocorre em forma horizontal, com formação de arco aberto pela

ação da força de exaustão, realizada através de canais. Esses canais são ligados nas extremidades a um exaustor e/ou a uma chaminé com altura projetada para o tamanho do forno.

Os fornos Hoffmann apresentam tamanhos entre 40 m e 100 m, com portas abertas nas paredes em intervalos constantes para carga e descarga. Os canais têm válvulas tipo guilhotina (também chamadas de “registros”) feitas de chapas de ferro, manobradas pela parte superior, que controlam o fluxo de gases de exaustão, consequentemente, controlando a velocidade da queima. Neste tipo de forno, as câmaras são formadas utilizando papel de jornal para limitar a região de queima, controlando assim a concentração de calor.

As câmaras não podem ser muito extensas porque isso dificultaria a extração de umidade do forno; tampouco podem ser curtas, sob o risco de provocar choques térmicos após a queima do papel.

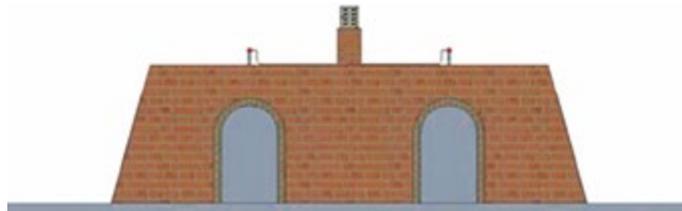


Figura 8.5 – Desenho esquemático de um forno Hoffmann.

Fonte: Alutal Controles Industriais



Figura 8.6 – Forno Hoffmann em construção em cerâmica na cidade de Tangará/RN na Grande Natal.

Foto: José Nildo Galdino.

Este tipo de forno pode operar com uma ou várias linhas de fogo, permitindo que, enquanto algumas câmaras estejam sendo carregadas ou descarregadas, outras estejam queimando ou resfriando. Quando opera com mais de uma linha a queima

é mais eficiente devido à maior pressão interna no forno e maior homogeneidade na distribuição de calor. A velocidade de queima é controlada pela abertura dos registros ao longo do canal do sistema de exaustão.

O forno Hoffmann tem maior eficiência energética que os fornos intermitentes de chama direta e de chama reversível. Isto ocorre por dois motivos: primeiro devido ao aquecimento do ar de combustão, que antes de chegar à zona de queima percorre a carga que está resfriando, trocando calor, chegando preaquecido para alimentar a combustão; o segundo motivo é o aproveitamento dos gases de combustão, que percorrem a carga à frente da zona de queima antes de ser extraído para chaminé.

No Rio Grande do Norte, estes fornos são encontrados em cerâmicas da Grande Natal, Baixo-Açu e na Região Oeste. De acordo com o Diagnóstico de Indústria de Cerâmica Vermelha do RN, realizado pelo SebraeE em 2012 e publicado em 2013, o setor possui 17 (dezesete) fornos Hoffmann. No Estado do Rio de Janeiro esse tipo de forno é responsável por 70% produção global do estado (REGO et al, 2000). Na Zona da Mata no Estado Pernambuco a maioria dos fornos para queima de blocos de vedação é do tipo Hoffmann (GALDINO, 2007). Em Sergipe 80% dos fornos também são do tipo Hoffmann (ELLA, 2012).

Uma variação do forno Hoffmann é o forno de múltiplas câmaras denominado forno Câmara Cedan ou simplesmente forno câmara (Figuras 8.7 e 8.8). Esse tipo de forno tem o mesmo sistema de queima do Hoffmann, com zona de fogo dinâmica (móvel) e carga fixa, além de proporcionar grande aproveitamento de calor entre as câmaras, diferenciando-se do Hoffmann pela forma de convecção desse calor.

Enquanto o forno Hoffmann apresenta um perfil de transferência convectivo de calor na horizontal, o forno câmara apresenta um perfil de transferência convectivo descendente, forçado pelo sistema de exaustão. Esse tipo de forno apresenta consumo de combustível igual ou inferior ao forno Hoffmann, o que o torna mais econômico. São também mais apropriados para queima de telha, diferenciando-se do Hoffmann que não é adequado para queima de desse tipo de produto. A queima de telha em forno Câmara é viabilizada pela forma convectiva descendente do calor no interior do forno. No Rio Grande do Norte esse tipo de forno é encontrado em cerâmicas da região do Baixo-Açu e na Chapada do Apodi.

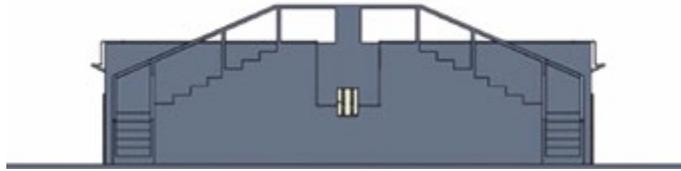


Figura 8.7 – Desenho esquemático de um forno Câmara.

Fonte: Alutal Controles Industriais.



Figura 8.8 – Forno câmara em cerâmica do Baixo-Açu/RN.

Foto: José Nildo Galdino.

8.1.3. Fornos contínuos

Outro tipo de forno usado pela indústria de cerâmica vermelha é o forno contínuo tipo túnel. Tem forma de um túnel longo com comprimento de 80 m a 110 m (Figura 8.9 e 8.10). Os produtos a serem queimados são introduzidos por um extremo do forno em vagonetes que deslizam sobre trilhos, aquecendo-se progressivamente pelos gases de combustão, que se dirigem em sentido contrário até a chaminé. Os vagonetes carregados avançam até atingir a zona de queima, empurrados por outros vagonetes que se introduzem a intervalos de tempo regulares, entre 20 e 30min, a depender do produto e da necessidade de produção. Os produtos são aquecidos gradativamente até atingir a temperatura máxima de queima, permanecendo nela tempo suficiente para que o calor se distribua por igual em toda a peça. Em seguida, são resfriados, paulatinamente, até a temperatura ambiente antes da desenfora, na extremidade do forno.

Esse tipo de forno ainda é pouco utilizado pelo setor de cerâmica vermelha, principalmente no Nordeste. No Rio Grande do Norte existem apenas três

indústrias cerâmicas que utilizam fornos desse tipo, todas localizadas na Região da Grande Natal (SEBRAE, 2013). Na Zona da Mata no Estado de Pernambuco foram encontrados dois fornos (GALDINO, 2007), em Campo dos Goytacazes/RJ são três fornos deste tipo, conforme Diagnóstico do Polo Cerâmico de Campo dos Goytacazes–RJ (RAMOS et al, 2006); já no Estado do Mato Grosso do Sul, a maioria das peças é queimada em fornos contínuos tipo túnel e semicontínuos tipo Hoffmann, segundo o Panorama Produtivo da Indústria de Cerâmica Vermelha (GESICKI et al. 2002).



Figura 8.9 – Desenho esquemático de um forno túnel.

Fonte: Alutal Controles Industriais.



Figura 8.10 – Forno túnel em cerâmica da Grande Natal

Foto: José Nildo Galdino.

A distribuição dos tipos de fornos cerâmicos no Estado do Rio Grande do Norte é resumida nos gráficos a seguir.

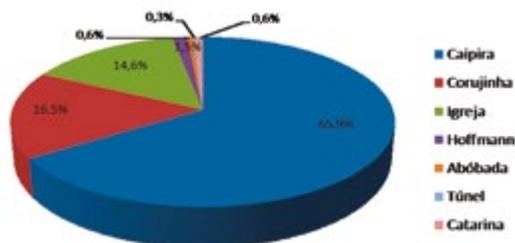


Figura 8.11 – Relação percentual dos tipos de fornos no RN em 2001.

Fonte: Galdino et. al (2012).

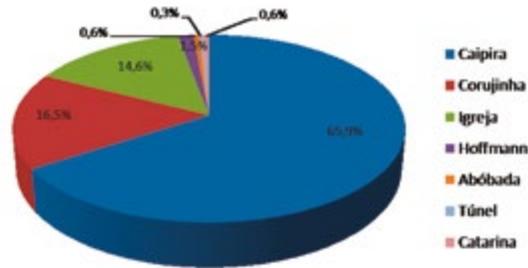


Figura 8.12 – Relação percentual dos tipos de fornos no RN em 2012.

Fonte: Galdino et. al (2012).

Existem ainda algumas cerâmicas que não possuem fornos e fazem a queima dos produtos cerâmicos em um sistema de empilhamento denominado de Caieira.

8.1.4. As caieiras

As caieiras, apesar de não serem fornos, são uma forma primitiva de queima de produto cerâmico, em geral blocos de vedação (tijolos). Estes são empilhados e os produtos que ficam na parte externa são rebocados com argila para reduzir as perdas térmicas e melhorar a pressão interna da caieira. Em seguida, as peças são queimadas e, na sequência, o empilhamento é desmontado desfazendo-se a caieira. Elas apresentam um alto consumo de lenha e os produtos são de baixa qualidade. Existe um entendimento equivocado entre o que é caieira e o que é forno caipira. O forno caipira foi apresentado no início deste capítulo e a caieira não é forno e sim uma forma de empilhamento dos produtos cerâmicos para queima em espaço aberto.

No Estado do Rio Grande do Norte, Bahia e até mesmo na Região Serrana do Rio de Janeiro são encontrados cerâmicas que trabalham com caieiras, conforme Tabela 8.1. Normalmente são cerâmicas que estão iniciando as atividades e com pouco recurso para investir na construção de fornos.



Figura 8.13 – Caieira de tijolos.

Foto: José Nildo Galdino.

A Tabela 8.1 apresenta em porcentagem os principais fornos do setor de cerâmica vermelha para alguns estados brasileiros.

Tabela 8.1 – Distribuição percentual dos tipos de fornos na indústria vermelha em alguns estados brasileiros.

TIPOS DE FORNOS	R. G. DO NORTE.	BAHIA	PERNAMBUCO	R. G. DO SUL	ITBORAI/RJ	R. SERRANA/RJ	PARANÁ
Abóboda	4,3%	46,0%	15%	–	60%	35%	0,8%
Paulistinha	–	22,0%	–	–	–	–	–
Hoffmann	2,3%	13,0%	28%	12,0%	30%	30%	–
Túnel	0,4%	5,0%	–	4,9%	10%	20%	0,6%
Corujinha	18,5%	–	–	–	–	–	0,6%
Igrejinha	17,3%	–	–	–	–	–	–
Câmara	0,8%	–	–	–	–	–	–
Campanha	–	–	47%	48,7%	–	–	–
Caipira	54,6%	–	–	–	–	–	96,6%
Vagão	–	–	–	0,8%	–	–	1,1%
Plataforma	–	–	–	–	–	5%	–
Catarina	–	–	–	–	–	–	–
Caieira*	1,5%	14%	–	–	–	10%	–
Outros	0,3%	–	10%	33,6%	–	–	0,1%
TOTAIS	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Nota: a caieira não é um tipo de forno e sim uma forma de agrupar os produtos cerâmicos para queima ao ar livre, para queima ao ar livre.
 Fonte: adaptado de Sebrae (2013), Senai-BA (2002), Fiep (1999), SIOSERGS (2012), INT (2012), Mineropat (2013).

8.2 O sistema de queima e a eficiência energética do setor ceramista

Qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível desenvolver-se com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. Dentre as diversas formas de energia interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, etc.

A energia é usada em aparelhos simples (lâmpadas e motores elétricos) ou em sistemas mais complexos que encerram diversos outros equipamentos (geladeira, automóvel ou uma fábrica). Estes equipamentos e sistemas transformam formas de energia. Uma parte dela sempre é perdida para o meio ambiente durante esse processo. Por exemplo: uma lâmpada transforma a eletricidade em luz e calor. Como o objetivo da lâmpada é iluminar, uma medida da sua eficiência é obtida dividindo a energia da luz pela energia elétrica usada pela lâmpada. Da mesma forma pode-se avaliar a eficiência de um automóvel dividindo a quantidade de energia que o veículo proporciona com o seu deslocamento pela que estava contida no combustível originalmente. Nessa mesma lógica, como podemos avaliar a eficiência energética em um forno para indústria de cerâmica vermelha? Quais as principais perdas térmicas nos fornos do setor de cerâmica vermelha? Quais os cuidados que se deve ter para aumentar a eficiência dos fornos? Tentaremos responder a estas perguntas ao longo deste capítulo.

8.2.1. O sistema de combustão

O processo de combustão caracteriza-se por uma reação exotérmica muito rápida entre combustível e comburente, acompanhada por liberação de calor. O conceito de combustão completa é usado para descrever um processo ideal de combustão. Esse tipo de combustão com relação estequiométrica de ar/combustível só é possível em sistemas experimentais altamente controlados, em regra geral, em bancadas de laboratório.

No processo industrial, para garantir uma combustão completa utiliza-se ar em excesso. A Figura 8.14 ilustra o que acontece com as emissões de CO, O₂ e CO₂ para as diferentes concentrações de ar. Na faixa de deficiência de ar, as emissões apresentam alta concentração de CO e cor escura. A indústria deve perseguir a faixa ótima de eficiência de excesso de ar, também conforme a Figura 8.14, para garantir uma combustão completa e o melhor aproveitamento energético dos combustíveis. Como o principal combustível da indústria de cerâmica vermelha é a lenha, daremos uma ênfase maior a esse combustível.

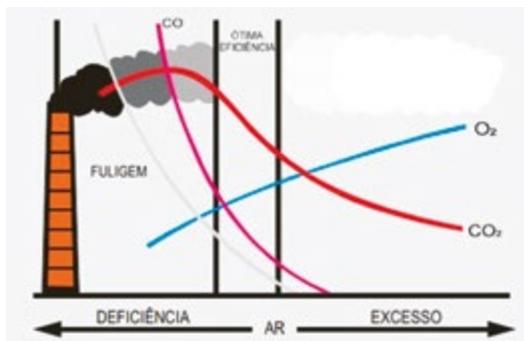


Figura 8.14 – Ilustração de uma chaminé cerâmica emitindo gases em diferentes faixas de AR.

Fonte: Confor Instrumentos de Medição Industriais (2013).

As faixas ótimas de excesso de ar para garantir uma combustão completa e o menor impacto possível nas emissões de poluentes são apresentadas na Tabela 9.2, que mostra também que, dentre os combustíveis apresentados, a lenha é o que necessita de maior quantidade de ar para que se garanta uma combustão completa.

Segundo Carvalho Junior (2007), para uma substância ser considerada um combustível industrial, ela precisa: (a) existir em grandes quantidades, (b) possuir baixo custo, e (c) ser aplicável no processo industrial em consideração. Um combustível pode conter uma porção incombustível, que não fornece calor durante a combustão. Esta porção na lenha, geralmente, é composta de umidade e cinzas. Em carvões minerais, por exemplo, o teor de umidade varia de 1% a 50% e o teor de cinzas de 2% a 30% (FURMER e ZAITSEV, 1985). Quanto menor forem essas porções melhor será o combustível.

O conhecimento da estrutura química de um combustível é importante para entender suas propriedades. A Tabela 8.3 apresenta o poder calorífico de alguns combustíveis e o equivalente em kg de óleo combustível e m³ de gás natural processado.

Tabela 8.2 – Faixa de ajuste de excesso de ar para alguns combustíveis.

FAIXA DE AJUSTE IDEAL				
COMBUSTÍVEL	EXCESSO DE AR	CO ₂	O ₂	CO
Óleos Pesados	33 a 15%	12 a 14%	5 a 3%	<30 ppm
Gás Natural	25 a 10%	9 a 11%	4 a 3%	<20 ppm
GLP	40 a 15%	10 a 12%	4 a 2%	<20 ppm
Lenha	80 a 50%	11 a 13%	9%	< 200 ppm

Fonte: Confor Instrumentos de Medição Industriais (2013).

Tabela 8.3 – Poder calorífico superior para alguns combustíveis.

COMBUSTÍVEL	kW/kg	kcal/kg	Equivalente c/ kg Óleo Combustível	Equivalente c/m ³ de GN Processado
Gás Hidrogênio	33,35	28.670	0,36	0,33
GN (não processado)	18,22	15.660	0,65	0,60
Butano	13,73	11.800	0,87	0,80
Gasolina	11,90	11.100	0,92	0,85
Querosene	11,90	10.900	0,94	0,86
Óleo combustível	11,90	10.230	1,00	0,92
Óleo diesel	11,87	10.200	1,00	0,92
Acetileno	11,40	9.800	1,04	0,96
Gás natural (processado)	10,93	9.400	1,09	1,00
Óleo de dendê	10,59	9.104	1,12	1,03
Óleo de soja	10,25	8.812	1,16	1,07
Alcatrão	10,24	8.800	1,16	1,07
Óleo de algodão	10,19	8.759	1,17	1,07
Óleo de babaçu	9,81	8.435	1,21	1,11
Óleo de mamona	9,70	8.342	1,23	1,13
Carvão vegetal	9,07	7.800	1,31	1,21
Coque	8,38	7.200	1,42	1,31
Carvão mineral	8,14	7.000	1,46	1,34
Briquetes(carvão+breu)	7,79	6.700	1,53	1,40
Álcool etílico (Etanol)	7,44	6.400	1,60	1,47
Torta de óleo de oiticica	5,82	5.000	2,05	1,88
Álcool metílico (metanol)	5,47	4.700	2,18	2,00
Linhito (8% umidade)	5,23	4.500	2,27	2,09

Tabela 8.3 – Poder calorífico superior para alguns combustíveis (continuação).

COMBUSTÍVEL	kW/kg	kcal/kg	Equivalente c/ kg Óleo Combustível	Equivalente c/m ³ de GN Processado
Torta de óleo de algodão	5,23	4.500	2,27	2,09
Carvão de pedra natural	4,53	3.890	2,63	2,42
T N T	4,19	3.600	2,84	2,61
Pó de madeira	4,07	3.500	2,92	2,69
Casc. semente amendoim	3,72	3.200	3,20	2,94
Madeira c/ 30% umidade	3,49	3.000	3,41	3,13
Gás de água (gasogênio)	3,49	3.000	3,41	3,13
Casca semente algodão	3,26	2.800	3,65	3,36
Lenha	3,22	2.770	3,69	3,39
Cavacos	2,91	2.500	4,09	3,76
Bag. cana (40% umidade)	2,68	2.300	4,45	4,09
Pó de Serragem	2,90	2.250	4,55	4,18
Casca de madeira anidra	2,61	2.250	4,55	4,18
Casca mad.(60% umid.)	1,70	1.450	7,06	6,48

Fonte: CTGAS-ER (2013).

8.2.2 Eficiência dos fornos do setor de cerâmica vermelha

O consumo de combustível na indústria de cerâmica vermelha varia de acordo com o tipo de forno e a forma como se trabalha durante o processo de queima. Do ponto de vista energético, os fornos contínuos são mais eficientes que os semicontínuos e estes mais eficientes que os fornos intermitentes.

A baixa eficiência térmica dos fornos intermitentes deve-se à grande perda térmica e o não aproveitamento de calor. Já os fornos semicontínuos do tipo Hoffman e os contínuos do tipo túnel aproveitam o calor do processo de combustão para aquecer a carga a ser queimada. O principal combustível utilizado pelas indústrias cerâmicas brasileiras é a lenha. A Tabela 8.4 apresenta o consumo de lenha nos principais fornos do Estado do Rio Grande do Norte (Sebrae, 2013). Os principais tipos de lenha utilizados pelas cerâmicas do RN são a de algaroba (nome científico *Prosopis juliflora*) e o cajueiro (*Anacardium occidentale*). Algumas cerâmicas utilizam, além da lenha, a bucha de coco; outras utilizam briquetes ou pó de serra (Sebrae, 2013).

O forno Hoffmann e suas derivações, como os fornos de multicâmaras, apresentam uma excelente eficiência energética. O aproveitamento de calor nesse tipo de forno ocorre com muita eficiência. Na combustão, o comburente (ar) que alimenta a queima, passa primeiro pelos produtos que estão resfriando e trocam calor chegando à área de combustão bastante aquecida, contribuindo de forma positiva para uma combustão eficiente, diferentemente do comburente (ar) que alimenta os fornos intermitentes e até mesmo os contínuos túneis, onde o ar que entra no sistema de combustão está na temperatura ambiente, roubando calor do processo. Outra vantagem do forno Hoffmann é o aquecimento da carga que está à frente da zona de queima, provocando um aquecimento gradativo dos produtos cerâmicos, garantindo uma secagem complementar no interior do forno e também a liberação gradativa de orgânicos e água de estrutura dos argilominerais.

Tabela 8.4 – Consumo médio de lenha por tipo de forno nas cerâmicas do RN.

TIPO DE FORNO	M ³ ST DE LENHA / TON DE ARGILA	M ³ ST DE LENHA / MIL PEÇAS (2,5 KG)
Caipira	0,40 m ³ a 0,64 m ³	1,0 m ³ a 1,6 m ³
Abóboda	0,40 m ³ a 0,60 m ³	1,0 m ³ a 1,5 m ³
Hoffmann	0,32 m ³ a 0,48 m ³	0,8 m ³ a 1,2 m ³
Câmara	0,20 m ³ a 0,30 m ³	0,5 m ³ a 0,75 m ³
Túnel	0,24 m ³ a 0,40m ³	0,6 m ³ a 1,0 m ³

Fonte: Sebrae (2013).

O consumo de combustível de um forno Hoffmann bem operado pode chegar a 50% do consumo de um forno intermitente abóboda. Para bons resultados com o Hoffmann, alguns cuidados são importantes, como por exemplo, o controle dos registros que devem ser orientados em aberturas graduais, a quantidade de linhas de produto enfiado entre a zona de queima e o papel que limita a câmara, a distância entre a desenfora, a linha de queima etc. Alguns produtos podem apresentar manchas laterais por falta de oxigenação durante a queima. Essas manchas podem ser corrigidas mantendo-se uma oxigenação adequada durante o processo de combustão. A falta de oxigênio ocorre quando a zona de combustão está distante de portas abertas para entrada de ar.

A Figura 8.6 mostra a seção de um forno túnel. Segundo Dadam e Nicolau, 2006, as principais perdas de calor do forno túnel com isolamento são pelo sistema de gases de combustão (exaustor) 64,2%, paredes laterais, 8,8%.

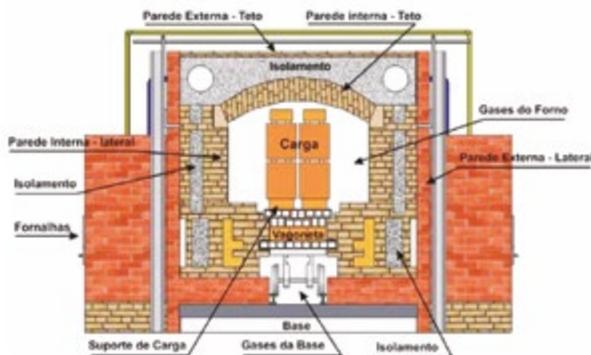


Figura 8.15 – Ilustração da seção transversal de um forno túnel.

Fonte: Dadam e Nicolau (2006).

Para uma boa prática de eficiência energética na queima de produtos cerâmicos devem-se seguir alguns procedimentos, como:

- a) Enfornar a carga de forma a facilitar o caminho do calor (movimento convectivo de ar quente dentro do forno);
- b) Manter o forno instrumentado, principalmente com termopares, para que se possam monitorar as variáveis de processo durante a queima;
- c) Manter sempre os canais desobstruídos para facilitar o processo de tiragem pelas chaminés e uma melhor circulação de calor no interior do forno;
- d) Manter uma alimentação constante do combustível. No caso do combustível ser a lenha, manter sempre alimentação de meia carga na fornalha para evitar combustão incompleta e, conseqüentemente, a formação de alta concentração de CO que pode ser observado pela saída de fumaça escura na chaminé;
- e) Manter as paredes dos fornos com um bom isolamento para minimizar as perdas térmicas;
- f) Nos fornos intermitentes fazer sempre portas duplas para evitar a fuga de calor por estes locais;
- g) Evitar queima de lenha ao ar livre para fazer secagem de produtos cerâmicos, como por exemplo, na porta externa de forno Hoffmann. Esta prática é a forma mais ineficiente e de grande desperdício de energia;
- h) Manter sempre o monitoramento do forno durante todo o processo de queima;

- i) Quando for construir um novo forno pense sempre na eficiência energética, especialmente em um momento em que as alternativas de combustíveis estão cada vez mais caras e a biomassa desponta como o produto para queima mais indicado;
- j) Analisar o *layout* da indústria, o volume de produção, o tipo de produto e os combustíveis que estarão disponíveis para serem usados na queima;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CTGAS-ER, **Dados de Unidades de Conversão**, publicado no site <www.ctgas.com.br, 2004>.
- DADAM, A. P.; NICOLAU, V. P. **Análise Térmica Numérica de um Forno Túnel para Cerâmica** – 11ª Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering – ENCIT 2006.
- ELLA, **Panorama da Indústria de Cerâmica Velha do Brasil** – Rio de Janeiro/RJ, 2012.
- FIEPE, SINDICERPE, SEBRAE/PE – **Perfil da Indústria de Cerâmica Vermelha do Estado de Pernambuco**, Recife/PE, 1999.
- FURMER, I. ZAITSEV, V. **General Chemical Engineering**. Moscou: Mir Publishers, 1985.
- GALDINO, J. N. – **Programa de Apoio ao Desenvolvimento Sustentável da Zona da Mata de Pernambuco/Promata** – Setor Cerâmico, Relatório de Consultoria, Recife/PE, 2007.
- MINEROPAR. Serviços Geológicos do Paraná – **Reavaliação das Atividades do Pro-Cerâmica**. Curitiba/PR, 2013.
- RAMOS, I. S.; ALVES, M. G.; ALEXANDRE, J. **Diagnóstico do Polo Cerâmico de Campos dos Goytacazes – RN**, Cerâmica Industrial, 11 (1) Janeiro/Fevereiro, 2006.
- REGO, M. C. S. – **Manual de operação do forno Hoffmann** / Rio de Janeiro: Sebrae/RJ, 2000.
- SEBRAE/RN - **Diagnóstico da indústria de cerâmica vermelha do Rio Grande do Norte**: relatório final – Natal Sebrae/RN, 2013
- SENAI/RN – **Perfil da indústria cerâmica vermelha do Rio Grande do Norte – relatório de pesquisa**. Natal/RN, 2001.
- SENAI/BA – **Cadastramento da Indústria de Cerâmica Vermelha do Estado da Bahia**, SENAI-DENDEZEIRO, Salvador/BA, 2002; 26p.; SENAI/FIEB.
- SIOCERGS, **Questionário de respostas sobre as características do setor cerâmico do estado do Rio Grande do Sul**, Rio Grande do Sul, 2012.

Diagnóstico do Uso de Lenha e Carvão Vegetal no Baixo-Açu

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

9.1 Parâmetros para a estimativa do consumo de energéticos madeireiros no Brasil

9.2 Consumo residencial

9.3 Consumo industrial

9.4 Balanço da oferta e do consumo total de lenha e carvão vegetal

RESUMO

No Brasil, a falta de padronização nos métodos de coletas dos dados e no uso de diferentes parâmetros de mensuração, torna árdua a tarefa de mensurar a oferta e o consumo de uma fonte de energia cujo maior percentual de consumo é residencial e, portanto, descentralizado, eminentemente rural, de natureza não comercial e, por tudo isso, constantemente não contabilizado. Neste estudo procurou-se conciliar os dados oficiais do Balanço Energético Nacional à pesquisa de campo empreendida no Baixo-Açu para tornar possível uma estimativa bastante realista da dependência de lenha e carvão dos consumidores desses combustíveis, em especial as fábricas de cerâmica vermelha da região. A conclusão é que, mesmo com a retirada insustentável da mata nativa, a oferta de lenha começa a dar sinais de esgotamento, deixando as empresas vulneráveis a preços cada vez mais elevados e ao risco de desabastecimento do combustível – sem falar no agravamento da desertificação na região.

9.1 Parâmetros para a estimativa do consumo de energéticos madeireiros no Brasil

A dificuldade para se contabilizar o consumo de energéticos de madeira não é um problema exclusivamente brasileiro. Os dados de combustíveis de madeira geralmente são fornecidos por fontes secundárias, são inconsistentes e de qualidade duvidosa, dificultando a comparação entre os países (IEA, 2006).

Uhlig (2008) cita algumas limitações dos cálculos da oferta e consumo de energéticos florestais no Brasil – dentre elas, o fato de o IBGE desconsiderar a lenha e o carvão vegetal produzidos da madeira catada nas propriedades rurais e ao longo das rodovias pelos próprios consumidores, restringindo sua pesquisa aos setores da produção, industrialização, comercialização e fiscalização de produtos vegetais nativos; em relação ao Balanço Energético Nacional, o autor faz uma crítica acerca da metodologia adotada, que ignora a evolução da eficiência dos fogões a gás e credita ao aumento do consumo da lenha e do carvão vegetal a redução do consumo do GLP nas residências. Segundo o autor, esse fenômeno mercadológico de fato existe, mas não é tão absoluto quanto as simplificações estatísticas o fazem parecer.

A variedade de fontes de informações, a falta de parâmetros e metodologias uniformes, além da adoção das mais diferentes unidades e fatores de conversão tornam difícil a comparação do consumo de combustíveis de madeira entre os países e até mesmo entre as regiões de um mesmo país. Isso acaba prejudicando a avaliação das tendências e a formulação de políticas, programas e projetos públicos para mitigar ou resolver problemas históricos relacionados à sustentabilidade das atividades econômicas em diversos biomas – sobretudo nas regiões semiáridas.

Apesar dessas ressalvas, optou-se nesse estudo por utilizar as bases dos dados oficiais para a estimação da oferta e consumo de lenha e carvão na região do Baixo-Açu, por entendermos que, mesmo com as simplificações dos modelos metodológicos adotados, eles espelham a evolução da matriz energética brasileira e é neles que se baseiam a maior parte das análises sobre o assunto.

Assim sendo, foram utilizados os percentuais de consumo residencial e comercial de lenha e carvão que constam no último BEN, do ano de 2012, ano base 2011. Esses percentuais foram aplicados sobre a base de dados demográficos do Censo 2010 do IBGE.

O consumo de espécies lenhosas no setor agropecuário foi desconsiderado, por ter sido considerado inexistente no último Balanço Energético do Rio Grande do Norte,

editado em 2006. Já os dados sobre o consumo dos principais consumidores de lenha e carvão vegetal da região foram coletados diretamente, através de pesquisa de campo, e comparados com os dados oficiais de produção.

No Baixo-Açu, a participação da lenha na matriz energética do setor comercial é de 1,3% e a do carvão vegetal é inferior a 1%. Assim, nesse estudo, procurou-se apenas estimar o consumo desses dois combustíveis nos setores industrial e residencial, que são os que mais queimam lenha e carvão nos seus fornos.

9.2 Consumo residencial

Apesar de toda a importância da lenha na matriz energética no Brasil e no Rio Grande do Norte, a partir dos anos 70, a sua participação na matriz energética nacional passou a cair, até que no final da década de 90 e mais intensamente em 2001 verificou-se um recrudescimento generalizado de seu uso, vindo a estabilizar-se, mas ainda com leve tendência de alta nos últimos cinco anos (Figuras 9.1 e 9.2).

De acordo com estudo publicado pelo Sindicato das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito do Petróleo (SINDGÁS, 2007), a explicação para o aumento do consumo de lenha a partir de 2001 foi o fim de todos os subsídios governamentais à produção e distribuição do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP, conhecido como gás de cozinha), aliado ao aumento da tributação federal (PIS/COFINS) e à elevação da taxa de câmbio. Os custos, repassados ao consumidor, elevaram em 63% o preço do tradicional botijão de 13 kg, usados nas residências. Dos R\$ 19,00 que custava em 2000 passou a mais de R\$ 30,00 em 2006 (SINDGÁS, 2007).

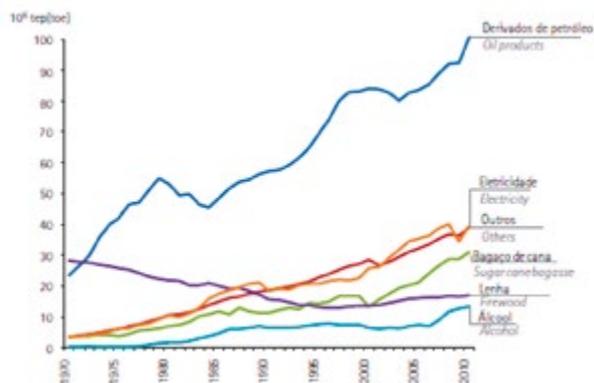


Figura 9.1 – Consumo energético final por fonte.

Fonte: Ministério das Minas e Energia (2012).

Os aumentos sucessivos fizeram com que nos municípios mais pobres do País a população voltasse a consumir combustíveis alternativos ao GLP (Figura 9.2). Fogões ineficientes à base de lenha voltaram a ser usados, depois de anos desativados por conta da utilização do gás de cozinha. Assim, o uso de lenha para preparação de alimentos aumentou 25%, enquanto que o consumo domiciliar de GLP teve queda de 10% (MME, 2006).



Figura 9.2 – Consumo residencial de lenha e GLP.

Fonte: Sindigás (2007).

Porém, é importante ressaltar que, mesmo com o consumo mais alto, não se pode responsabilizar, exclusivamente, o uso da lenha para cocção pelo desmatamento da Caatinga. A limpeza dos terrenos para expansão das fronteiras agropecuárias e a exploração de madeira para fins comerciais também contribuíram para o agravamento do problema (UHILG, 2008; MMA, 2004; PAREYNE e RIEGELHAUPT, 2010). O combustível usado para consumo familiar geralmente é catado às margens das rodovias e em remanescentes florestais (capoeiras) na medida da necessidade, ou seja, sem nenhuma formalidade ou planejamento prévio (UHLIG, 2008).

No estudo realizado com 864 famílias de 10 assentamentos rurais do Rio Grande do Norte, Francelino et al. (2003) estimaram em 1m^3 st o consumo mensal domiciliar na zona rural do Estado, o que corresponde a 0,21 t de matéria seca da Caatinga (RIEGELHAUPT, 2004) ou 210 kg/mês/domicílio. Este valor definido para o consumo de lenha potiguar é compatível com os valores estimados por Oliveira et al. (1988) para as zonas urbanas (225 kg/domicílio/mês) e rurais (297 kg/domicílio/mês) dos municípios paraibanos e também com a estimativa de Silva et al. (1993) para os domicílios pernambucanos de uma forma geral (219 kg).

De acordo com o último Balanço Energético Nacional (MME, 2012) sintetizado na Figura 9.3, a lenha participa diretamente com 27,8% do consumo de todas as

fontes energéticas da matriz residencial brasileira, só perdendo para a eletricidade (41,7%). Logo, para se estimar o consumo residencial deste combustível nos domicílios dos nove municípios estudados, calculou-se a quanto corresponderia 27,8% de todos os 43.599 domicílios da região (IBGE, 2010). O valor encontrado foi 12.112 domicílios.

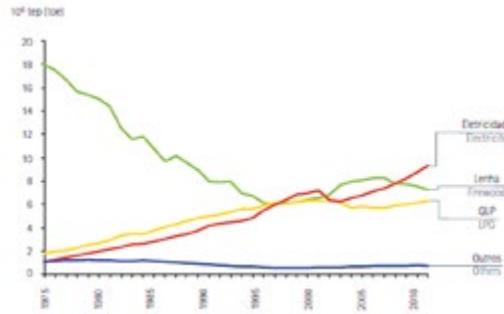


Figura 9.3 – Consumo energético final no setor residencial.

Fonte: Ministério das Minas e Energia (2012).

Para estimar o consumo de lenha, multiplicou-se este valor pelo consumo médio mensal de um domicílio (1m³st). O valor encontrado foi 12.121 m³st de lenha /mês. O consumo anual seria de 145.452 m³st (Tabela9.1).

Tabela 9.1 – Consumo residencial de lenha.

Consumo de lenha/domicílio/mês*	1m ³ st
Participação da lenha no consumo energético residencial**	27,8%
Nº de domicílios no Baixo-Açu***	43.599
Nº de domicílios que consomem lenha	12.121
Consumo de lenha total/mês (12.112 x 1m ³ st)	12.121 m ³ st
Consumo de lenha total/ano	145.452 m ³ st

Fontes: (*) adaptada de Francelino et al (2003); (**) adaptada de Ministério das Minas e Energia (2010).

Já a participação do carvão vegetal na matriz energética residencial do Baixo-Açu é de 2,1% (MME, 2012), o que representa 916 domicílios. Como o carvão é derivado da lenha, seu consumo deve ser contabilizado. Uhlig (2008) atribui grande parte do consumo à cultura do churrasco – o combustível é vendido ensacado

em supermercados de todo o País e, de acordo com o autor, com madeira legal, oriunda de silvicultura, o que, aliado ao baixo uso por domicílio, garantiria a sua sustentabilidade.

A estimativa de uso por domicílio do combustível é de 3,96 kg/dia – valor encontrado por SILVA et al. (1993) para o consumo em Pernambuco; o que daria um total de 0,119 t/mês por domicílio ou 109 t/mês para os 916 domicílios consumidores do combustível. O total consumido por ano seria de 1.308 t ou 16.780,38 m³st (Tabela 9.2).

Tabela 9.2 – Consumo residencial de carvão vegetal.

Consumo de cv/domicílio/dia*	3,96 kg
Consumo de cv/domicílio/mês	0,119 t
Participação do cv no consumo energético residencial**	2,1%
Nº de domicílios no Baixo-Açu***	43.599
Nº de domicílios que consomem cv	916
Consumo de cv total/mês (916 x 0,119 t)	109 t
Consumo de cv total/ano	1308 t ou 16.780,38 m ³ st de lenha

Nota: o fator de conversão usado para carvão e lenha foi de 1 t de carvão = 2,694 t de lenha (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2012); para conversão de metro cúbico estéreo para tonelada usou-se a razão de 1 m³st de lenha = 0,21 t (RIEGELHAUPT, 2004).

Fonte: adaptada de (*) Silva et al. (1993); (**) Ministério das Minas e Energia (2012) e (***) IBGE (2010).

9.3 Consumo industrial

A demanda por combustíveis de madeira em alguns setores industriais – notadamente o das indústrias cerâmicas – costuma provocar impactos ambientais negativos evidentes, onde o uso intensivo de lenha é visivelmente não renovável e insustentável, associado ao empobrecimento do solo e à desertificação (FAO, 2007, apud UHLIG, 2008).

No que diz respeito ao Rio Grande do Norte, ao problema da redução da mata nativa, composta basicamente pela Caatinga, se soma a falta de florestas plantadas com o objetivo de prover a necessidade de biomassa para fins energéticos. Os 2.070 hectares que constam no Censo Agropecuário de 2006 do IBGE já não atendiam minimamente à demanda da época e não se destinavam necessariamente a fins energéticos. De modo que a oferta de lenha depende apenas de desmatamentos em áreas destruídas para finalidades agrícolas e pastagem, e de espécies com permissão para corte, como a algaroba, de manejo florestal e de biomassa residual, sendo estas duas últimas numa menor escala (INT, 2012).

As maiores consumidoras de lenha do Baixo-Açu são as indústrias alimentícias e cerâmicas. Entre as primeiras destacam-se as panificadoras, queijarias, pizzarias e churrasarias. Estas últimas consomem a lenha indiretamente, uma vez que utilizam o carvão vegetal como combustível. A pesquisa para estimar o consumo de lenha nessas empresas foi feita através de visitas de campo ao longo do mês de julho de 2012, nas quais foram entrevistados os proprietários e/ou gerentes dos estabelecimentos em funcionamento nos nove municípios da região.

As entrevistas foram feitas a partir da aplicação de um questionário com perguntas abertas e fechadas em que se procurou dimensionar a produção de cada estabelecimento e estimar o respectivo grau de dependência da lenha para continuar funcionando, gerando emprego e renda. Tanto o consumo em metros cúbicos estéreos quanto o valor, em dinheiro, gasto mensalmente com a compra de lenha foram multiplicados por 12 para estimar a demanda anual pelo combustível, assim como a expectativa de despesa com ele ao final do ano.

Foram visitadas mais de 90% das panificadoras que usam lenha em seus fornos (três usam fornos a gás). Os estabelecimentos que se encontravam fechados ou sem o respectivo responsável para dar as informações, tiveram os dados calculados pela média dos valores encontrados nos demais estabelecimentos da cidade. A pesquisa incluiu também todas as queijarias da região, assim como todas as churrasarias que usam carvão para assar as carnes (uma das maiores churrasarias da região usa gás natural). O questionário aplicado nessas empresas tinha 15 perguntas, através das quais se apuraram dados sobre a origem, preço, consumo mensal e forma de obtenção da lenha, além do quantitativo e remuneração da mão de obra. Para se ter uma ideia do volume de produção dessas indústrias optou-se por apurar a quantidade de matéria prima processada – farinha de trigo, no caso das panificadoras e pizzarias; leite, nas queijarias e carne nas churrasarias.

Por fim, a pesquisa ouviu os proprietários de todas as cerâmicas em operação nos municípios de Assú, Ipanguaçu, Itajá e Pendências. Eles responderam um questionário com 35 perguntas no qual, além das informações de produção e consumo de lenha, se procurou saber também as expectativas do setor e os planos de cada empresa para garantir a segurança energética da atividade nos próximos anos.

A primeira constatação da pesquisa foi que, independentemente do porte, todas as empresas têm um caráter familiar, a grande maioria sem uma administração profissional, o que faz com que informações fundamentais para o desenvolvimento dos negócios não estejam sistematizadas e disponíveis, como a discriminação precisa dos custos de produção. De qualquer forma, juntas, essas empresas empregam

cerca de 1700 trabalhadores e pagam mais de R\$ 22 milhões em salários ao ano, além de movimentarem suas respectivas cadeias produtivas, gerando empregos indiretos e renda numa das regiões mais pobres do Estado (Tabela 9.3)

A pesquisa de campo revelou também a vulnerabilidade das empresas visitadas, especialmente as panificadoras e as cerâmicas, em relação à lenha. Os proprietários das panificadoras acreditam que os gastos com o combustível representem entre 10% e 15% dos custos de produção. Entre os ceramistas, esses gastos representam de 20% a 30% do custo total de produção. A expectativa de consumo de lenha para o ano de 2012 era de 406.978 m³st. Já a expectativa de consumo de carvão para o mesmo período era de 55,8t ou 715,83 m³st de lenha (Tabela 9.4).

O fornecimento de lenha é disciplinado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), que fiscaliza o trânsito desse material e o seu uso nos estabelecimentos. Conforme já foi exposto no capítulo 4 deste livro, que trata, dentre outras coisas, do uso de terras na região, o número de florestas plantadas ainda é insignificante no Estado e no Baixo-Açu, o que leva as empresas a consumir o combustível obtido de forma ilegal.

Tabela 9.3 — Perfil das indústrias consumidoras de lenha na região do Baixo-Açu (2012).

SETOR	Nº DE ESTABELECIMENTOS	Nº DE FUNCIONÁRIOS	GASTO C/ SALÁRIOS (R\$/ANO)
Panificadoras	39	201	1.885.351,00
Queijarias	4	13	126.740,00
Pizzarias	3	31	295.350,00
churrascarias	7	101	966.203,00
cerâmicas	32	1.340	19.056.000,00
TOTAL	81	1.686	22.327.644,00

Fonte: Tavares (2013).

Tabela 9.4 — Gastos anuais com lenha e carvão vegetal nas indústrias do Baixo-Açu (2012).

SETOR	CONS. DE LENHA (M³ST)	CONS. DE CARVÃO (T)	GASTO COM LENHA (R\$)	GASTO COM CARVÃO (R\$)	RAIO DE COLETA DA LENHA
Panificadoras	6.274	—	151.029,00	—	Até 50 km
Queijarias	924	—	16.200,00	—	local
Pizzarias	888	—	25.500,00	—	local
churrascarias	—	55,8	—	37.908,00	local
cerâmicas	398.892	—	9.184.380,00	—	Até 160 km
TOTAL	406.978 m³st	55,8 t ou 715,83 m³st	9.377.109,00	37.908,00	Até 160 km

Nota: o fator de conversão de metro cúbico estérreo de lenha da Caatinga para tonelada usou-se a razão de 1 m³st de lenha = 0,21 t (RIEGELHAUPT, 2004); para converter a tonelada de carvão para tonelada de lenha a razão usada foi de 1 t de carvão = 2.694 t de lenha (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2012).

Fonte: Tavares (2013).

De acordo com informações fornecidas pelo responsável pelo Núcleo de Gestão Estratégica do Ibama–RN, em agosto de 2012, o órgão emitiu 23 autos de infração por transporte de lenha irregular na região do Baixo-Açu durante todo o ano de 2011. A lenha sem certificação geralmente é consumida logo que entregue para não ficar acumulada nos pátios e chamar a atenção dos fiscais dos órgãos ambientais. De fato, nos pátios das cerâmicas, padarias, queijarias e pizzarias predomina a lenha legal, advinda de podas autorizadas de cajueiro, mangueira e algaroba, entre outras.

Segundo Uhlig (2008), um dos indícios de problemas na oferta de lenha em algumas regiões do Brasil é o aumento de preços sistemático do combustível: há 11 anos, o valor do metro cúbico estéreo da lenha na região do Baixo-Açu variava entre R\$ 7,00 e R\$ 8,00 (CARVALHO, 2001); em julho de 2012 ele era vendido por um preço médio de R\$ 26,00, podendo ultrapassar R\$ 30,00, conforme a procedência e a situação do material – se legal ou não.

9.4 Balanço da oferta e do consumo total de lenha e carvão vegetal

O desequilíbrio entre produção e consumo de lenha na região do Baixo-Açu pode ser observado na comparação entre os dados da extração vegetal da região obtidos nas Pesquisas da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura do IBGE, no período 2006–2010 (Tabela 9.5) e a demanda anual atual pelo combustível nos segmentos residencial e industrial (Tabela 9.6).

Tabela 9.5 – Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto extrativo vegetal na região do Baixo-Açu (2006 a 2010).

MUNICÍPIOS	TIPO DE PRODUTO EXTRATIVO	ANOS					
		2006	2007	2008	2009	2010	MÉDIA
Assú	Carvão(t)	29	28	23	25	27	26,4
	Lenha (m³)	11.641	11.219	8.640	8.763	9.086	9.869,8
Afonso Bezerra	Carvão(t)	21	20	16	16	15	17,6
	Lenha (m³)	4.271	4.056	3.285	3.196	3.036	3.568,8
Alto do Rodrigues	Carvão(t)	8	8	8	6	6	7,2
	Lenha (m³)	1.529	1.453	1.368	1.145	1.179	1.334,8
Carnaubais	Carvão(t)	9	8	8	7	6	7,6
	Lenha (m³)	1.009	962	991	862	827	930,2
Ipanguaçu	Carvão(t)	17	17	15	13	13	15
	Lenha (m³)	7.112	6.993	5.652	4.862	4.913	5.906,4
Itajá	Carvão(t)	4	4	4	4	3	3,8
	Lenha (m³)	133	129	119	117	121	123,8
Macau	Carvão(t)	7	7	6	5	3	5,6
	Lenha (m³)	2.792	2.674	2.426	1.571	1.113	2.115,2
Pendências	Carvão(t)	9	8	8	8	7	8
	Lenha (m³)	1.536	1.498	1.404	1.290	1.214	1.388,4
Porto do Mangue	Carvão(t)	10	9	8	7	6	8
	Lenha (m³)	1.081	995	936	789	752	910,6
PRODUÇÃO MÉDIA TOTAL DE CARVÃO VEGETAL							99,2
PRODUÇÃO MÉDIA TOTAL DE LENHA							26.148

Fonte: adaptada de Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (IBGE, 2006-2010).

Tabela 9.6 – Balanço da oferta e do consumo totalde lenha e carvão vegetal (2012).

Projeção do consumo de lenha	residencial	145.452 m ³ st
	industrial	406.978 m ³ st
Projeção do consumo de carvão	residencial	16.780,38 m ³ st
	industrial	55,8t 715,83 m ³ st
TOTAL DO CONSUMO		569.926,21 m³st ou 119.684,50 t
MÉDIA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO E LENHA (IBGE, 2006–2010)	lenha	26.148 m ³ (69.292,2 m ³ st)
	carvão	99,2 t (1.272,59 m ³ st)
TOTAL DA PRODUÇÃO		70.564,79 m³st ou 14.818,61 t
BALANÇO OFERTA – DEMANDA (M³ST)		70.564,79–569.926,21= –499.361,42

Nota: os fatores de conversão utilizados foram de 1 m³st de lenha da Caatinga = 0,21 t (RIEGELHAUPT, 2004); 1 m³ de lenha = 2,65 m³st no Nordeste (IBAMA, 1996); 1 t de carvão = 2,694 t de lenha (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2012).

Fonte: Tavares (2013).

Conforme evidencia o Quadro 9.3, a demanda por lenha é oito vezes maior do que a produção florestal nativa nos nove municípios estudados. Para se estimar o quanto essa demanda representa em área, fazemos o seguinte cálculo:

- a) Incremento médio anual da caatinga (crescimento anual da vegetação) = 10 m³st/ha ou 2,1 t/ ha/ano (GARIGLIO, 2010);
- b) Tempo que a Caatinga leva a se recompor totalmente = 15 anos;
- c) Volume de Caatinga totalmente recomposta em 1 hectare = 10 x 15 = 150 m³st
- d) Número de hectares equivalentes à demanda anual por lenha = 569.926,21 m³st: 150 = 3.799,5 hectares/ano ou 37,99 km².

Ou seja, toda a lenha utilizada diretamente ou na forma de carvão vegetal nos consumos residencial e industrial somente no ano de 2012 equivale à devastação uma área de 3.799,5 hectares ou 37,99 km², equivalentes a 3.517,59 campos de futebol oficial (90 m² x 120 m² cada).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO O.O. et al. **Perfil Industrial da cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte**. Natal: Federação das Indústrias do Rio Grande do Norte, 2001. CD-ROM.

FRANCELINO, Márcio R. et al. **Contribuição da caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-rio-grandense**. Revista *Árvore*, Viçosa, 27 (1): 79-86, 2003. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n1/15925.pdf>>. Acesso em 05/09/2012.

GARIGLIO et al. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em < [http://www.ibge.gov.br/home/\]estatistica/populacao/censo2010/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/]estatistica/populacao/censo2010/default.shtm)>. Acesso em 10/09/2011.

IBGE. **Pesquisa da Produção da Extração e da Vegetal e da Silvicultura, 2006-2010**. Disponível em < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pevs/default.asp?o=36&i=P>>. Acesso em 11/09/2011.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA. **Panorama da Indústria da Cerâmica Vermelha no Brasil**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <http://redladrilleras.net/documentos_galeria/PANORAMA%20DA%20INDUSTRIA%20DE%20CERAMICA.pdf>. Acesso em 13/08/2012.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy balances of non-oecd countries 2003–2004**. Paris: OECD, 2006.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional 2012**: Ano base 2011. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em 15/07/2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Brasília, 2004. Disponível em <www.ibama.gov.br/rn/wp-content/files/2009/05/PAN_BRASIL.pdf>. Acesso em julho de 2011.

OLIVEIRA, L. de et al. **Consumo específico de lenha no setor residencial do semi-árido paraibano**. Trabalho apresentado no III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 1988, São Paulo. Anais do III Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, São Paulo, 1988.

RIEGELHAUPT, E. **Revisão e atualização da oferta e demanda de energéticos florestais no Nordeste**: Relatório Final do Consultor – Projeto TCP/BRA/2909. Brasília, 2004.

RIEGELHAUPT, E. M. & PAREYNE, F. G. C. A questão energética. In: GARIGLIO et al. **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente-Serviço Florestal Brasileiro, 2010, p.65–75.

SINDICATO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE GÁS LIQUEFEITO DO PETRÓLEO. **GLP no Brasil**: perguntas frequentes. Vol 2. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <http://www.aiglp.com/arq/downloads/Miolo_Cartilha_Sindigas_vol2_FINAL.pdf>. Acesso em 03/08/2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil Florestal**. São Paulo, SP, 2008. Disponível em <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>>. Acesso em 28/11/2012.

UHLIG, A. **Lenha e carvão vegetal no Brasil**: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. 156 f. Tese de Doutorado do Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. Disponível em < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-14052008-113901/pt-br.php>>. Acesso em 12/09/2012.

O Briquete como Alternativa Energética para Reduzir o Desmatamento da Caatinga no Baixo-Açu Potiguar

Silvio Roberto de Lucena Tavares

Marilia Amaral de Moura Estevão Tavares

10.1 O potencial do uso de resíduos vegetais na produção de energia

10.2 Conceituação de biomassa

10.3 Antecedentes do uso de biocombustíveis sólidos adensados no mundo e no Brasil

10.4 Caracterização de *pellets* e briquetes

10.5 Vantagens comparativas da região do Baixo-Açu para produção de briquetes

10.6 A carnaúba como matéria-prima principal na produção de briquetes

10.7 O capim-elefante como matéria-prima secundária na produção de briquetes

10.8 O processo produtivo do briquete

RESUMO

A produção de *pellets* e briquetes traz consigo algumas inviabilidades técnicas que dificultam a inserção desses combustíveis no rol de alternativas energéticas oriundas da biomassa. Contudo, estudos indicam que a região do Baixo-Açu potiguar possui todos os pré-requisitos necessários para se transformar num polo de produção de biocombustíveis adensados, como resíduos florestais abundantes (baganas de carnaúba) e possibilidade de incorporação de grandes áreas irrigadas para produção de espécies vegetais energéticas, além de outras vantagens comparativas em relação às demais regiões do Estado. A criação de um *cluster* energético poderia tirar o principal segmento industrial da região – a produção de cerâmica vermelha – da dependência única e exclusiva da lenha, retirada de forma insustentável das matas nativas, comprometendo cada vez mais o frágil bioma da Caatinga.

10.1 O potencial do uso de resíduos vegetais na produção de energia

Exatamente por ser uma fonte importante de energia renovável, não se deve subestimar o impacto ambiental provocado pelo uso tradicional de biomassa, qual seja, a queima de lenha extraída das florestas nativas. Afinal, ela também emite gases poluentes e contribuem para a redução dos estoques de vegetação nativa (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010).

Nessa perspectiva, a adoção das chamadas “biomassas modernas de segunda geração” (VIDAL; HORA, 2009) pode ser uma alternativa para mitigar os efeitos da pressão antrópica e possibilitar o reflorestamento/recuperação de áreas desmatadas e degradadas. De acordo com entrevista do presidente da Associação Brasileira de Biomassa, Celso Oliveira, à Revista da Madeira (edição 132, outubro de 2012), o aproveitamento dos resíduos florestais e da agricultura pode contribuir para a racionalização dos recursos e a geração de renda e empregos, além de gerar uma nova fonte financeira para as empresas.

Tabela 10.1 – Produção de resíduos agro-silvo-pastoris.

PRODUTOS	SAFRA BRASIL 2009 (T)	RESÍDUOS (TM)*
Cana-de-açúcar	686.645.793	339.889.667
Madeira (tora)	121.520.350	46.177.333
Madeira- resíduo florestal	82.999.329	82.999.318.
Milho	50.649.571	71.922.390
Arroz (casca)	12.610.651	18.789.869
Algodão em caroço	5.866.825	8.741.569
Café	2.415.407	3.260.799
Coco verde	1.830.503	1.100.101
Sorgo	1.831.264	2.600.394
Resíduo geral agrícola	1.799.355	4.408.419
Amendoim (casca)	247.626	371.439
Cacau (casca)	206.447	503.730
Babaçu (castanha)	114.874	138.997
Açaí	108.033	127.478
TOTAL	968.846.026	504.310.977.503

Nota: (*) tonelada métrica é uma unidade de massa que não pertence ao Sistema Métrico Internacional e equivale a 10³.

Fonte: Revista da Madeira (2012).

Atualmente, o Brasil tem potencial para processar mais de 500 milhões de toneladas métricas de resíduos agro-silvo-pastoris, sem contar com outras culturas e resíduos de outras atividades extrativistas que não constam na Tabela 10.1. No entanto, certas inviabilidades técnicas para o aproveitamento desses resíduos relacionadas com equipamentos, transportes, localização e outros podem impedir que se atinja o potencial máximo energético das biomassas. Daí a importância da realização de estudos específicos, em determinadas regiões, para avaliar a viabilidade de projetos de aproveitamento dos resíduos agro-silvo-pastoris, aumentando assim a participação deles na matriz energética brasileira (BRASIL, 2011).

10.2 Conceituação de biomassa

“Biomassa é todo material orgânico, não fóssil, que tenha conteúdo de energia química no seu interior, o que inclui todas as vegetações aquáticas ou terrestres, árvores, biomassa virgem, lixo orgânico, resíduos de agricultura, esterco de animais e outros tipos de restos industriais” (VIDAL; HORA, 2009).

Dentre as muitas tentativas de conceituar e classificar as diversas fontes de biomassa que existem na natureza sob os mais diferentes critérios, destaca-se a classificação apresentada em Nogueira (2005), que separa as biomassas em dois grupos gerais: **as tradicionais** (não sustentáveis) e **as modernas** (sustentáveis).

Essa distinção é bastante útil para que se possa marcar a diferença entre renovação e sustentabilidade das fontes energéticas. Um bom exemplo é a lenha, um recurso natural renovável que por vezes é retirada de forma tão intensa que não dá tempo para que o meio ambiente se recomponha – ou seja, sem sustentabilidade. Essa é a causa da maior parte dos processos de desertificação identificados em várias partes do mundo – em especial no semiárido brasileiro, que está em vias de desertificação devido ao desmatamento do Bioma Caatinga.

Biomassas tradicionais são aquelas obtidas de forma meramente extrativista, sem reposição. A sua exploração intensa acaba fazendo com que a demanda ultrapasse a oferta, tornando **insustentável** a manutenção do consumo nos mesmos níveis anteriores – tal como ocorre hoje nas regiões do Baixo-Açu e do Seridó – ambas no Rio Grande do Norte.

Já as biomassas modernas são obtidas de forma legal e certificadas, o que significa o uso de técnicas de manejo adequadas, de forma a garantir o suprimento futuro do combustível. A energia oriunda da biomassa tem sobre as demais a vantagem de poder ser produzida através do aproveitamento dos mais diferentes resíduos e do plantio de espécies vegetais energéticas, mesmo em terrenos impróprios para a

produção de alimentos. Essa versatilidade tem feito dos biocombustíveis à base de biomassa uma das alternativas mais sustentáveis de obtenção de energia renovável (ROSSILO-CALLE, 2004).

Entre as biomassas modernas (sustentáveis) incluem-se as **primárias** (produtos de reflorestamentos e resíduos agro-silvo-pastoris) e as **secundárias**, obtidas a partir do beneficiamento de biomassas primárias através de processos químicos, físicos e mecânicos (KAREKESI et al., 2004).

As biomassas secundárias (manufaturadas) podem ser líquidas (ex: biodiesel, etanol), gasosas (ex: biogás) e sólidas (briquetes e *pellets*). A produção de bioenergia a partir da biomassa de origem animal ainda é muito incipiente no mundo. De acordo com o Atlas da Energia Elétrica do Brasil (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008), até 2008 existiam muito poucas usinas com razoável capacidade geradora de energia, o que já não acontecia com a produção energética à base da biomassa vegetal.

A participação da energia derivada da biomassa no consumo energético dos países em desenvolvimento varia de 90% em países como Uganda, Ruanda e Tanzânia, a 45% na Índia, 30% na China e a 15% no México e na África do Sul (HALL et al., 2005). No Brasil, de acordo com o relatório do último Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2012), o uso da biomassa (bagaço de cana, lenha e carvão vegetal) participa com 19,7% na matriz de consumo final por fonte de energia.

A larga utilização da lenha nativa pelas nações nesses e outros países subdesenvolvidos é responsável pela impregnação da imagem da biomassa como uma fonte de energia de uso eminentemente de nações mais pobres. Porém esta imagem vem mudando por três razões: os esforços que estão sendo feitos para o desenvolvimento de tecnologias mais adequadas para explorar o potencial das matérias-primas orgânicas; o reconhecimento dos seus benefícios sociais e ambientais e a crescente utilização das biomassas modernas nos países industrializados (HALL et al., 2005).

Contudo, são vários os motivos da ainda pequena representatividade da biomassa na matriz energética dos países. O principal é que a grande maioria das tecnologias de obtenção de energia através da biomassa ainda não é lucrativa o bastante para que o mercado, por si só, a adote (HALL et al., 2005).

Por enquanto, mesmo nos países desenvolvidos e pioneiros na adoção dessas tecnologias, a consolidação da energia da biomassa depende de políticas públicas para incentivar sua produção e consumo em grande escala, como

acontece nos Estados Unidos e na Europa, onde há mais de 10 anos os governos vêm subsidiando o aprimoramento e a compra de aquecedores residenciais e comerciais a *pellets*; em outros países, como a Holanda, Bélgica e também a Suécia e Dinamarca, os incentivos governamentais são para a construção de termoeletricas também a *pellets*; a estratégia da França, por sua vez, foi reduzir o imposto equivalente ao ICMS (VAT) de 19% para 5,5% para produtos relacionados a esse biocombustível, além de restituir metade dos custos de produção (RAKOS, 2007 apud SERRANO, 2009).

Essas e outras medidas foram tomadas para viabilizar o cumprimento das metas de redução das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) em 20% até 2020. Desde então, o mercado para as biomassas sólidas adensadas, pelas razões já enumeradas, tem aumentado progressivamente. De 2002 a 2010 o número de fábricas de *pellets* na América do Norte e na Europa passou de 70 para 623 – um aumento de 890% (CARASCHI; GARCIA, 2012).

A produção eficiente e sustentável de energia da biomassa traz inúmeras vantagens ambientais, econômicas e sociais se comparada ao uso de combustíveis fósseis: melhor manejo da terra, criação de empregos, uso de áreas agrícolas excedentes nos países industrializados, fornecimento de vetores energéticos modernos a comunidades rurais nos países em desenvolvimento, redução nos níveis de emissões de CO², controle de resíduos, reciclagem de nutrientes, entre outros (HALL et al., 2005).

Nesse capítulo será analisado o potencial dos briquetes e *pellets* como biomassa para queima nos fornos da região do Baixo-Açu potiguar, cuja vulnerabilidade ambiental e econômica justifica a busca por alternativas energéticas que deem sustentabilidade às atividades industriais desenvolvidas no local.

10.3 Antecedentes do uso de biocombustíveis sólidos adensados no mundo e no Brasil

O adensamento de materiais para produção de combustível não é recente. Em 1848 o norte-americano William Easby patenteou, nos Estados Unidos um método de conversão de carvão miúdo em torrões sólidos, através de pressão. Com isso, um material que não possuía praticamente nenhum valor passou a ter inúmeros usos como combustível, movendo desde navios a vapor a fornos para preparação de alimentos. A palavra *briquete* surgiu em Paris, por volta do ano de 1862, designando uma mistura de turfa, água e argila plástica (GENTIL, 2008).

A briquetagem de madeira iria se desenvolver posteriormente, até ser adotada pela Ford Motor Company, em Kingsford, no estado americano de Michigan, no ano de 1924. Naquela época, as carrocerias dos automóveis eram confeccionadas em madeira. Os resíduos da produção eram usados na produção de briquetes e vendidos em sacos, como se faz atualmente, nos supermercados da Europa (SCOTT, 2005 apud GENTIL, 2008).

O mercado para os biocombustíveis sólidos manufaturados, como é o caso dos *pellets* e dos briquetes, passou a ter uma dimensão maior a partir da crise do petróleo em 1973 e da decisão dos países europeus de reduzirem o consumo de combustíveis fósseis, sob o argumento de que suas emissões contribuiriam para o agravamento do Efeito Estufa (GROVER; MISHRA, 1996 apud GENTIL, 2008).

Desde a Conferência de Estocolmo, realizada em 1972, que países da Comunidade Europeia perseguem a meta de reduzirem em até 20% suas emissões em 2020. Dentre as alternativas para alcançar esta meta está o uso crescente da biomassa como fonte de energia térmica e elétrica, em especial de biocombustíveis adensados de madeira (SERRANO, 2009).

Por não contarem com a energia hidrelétrica em suas matrizes energéticas, os países nórdicos detêm o maior *know how* na produção de *pellets* e briquetes de madeira, carvão e turfa, sobretudo a Suécia e a Finlândia. Nesses países, aonde as baixas temperaturas chegam a - 30°C durante o inverno, esses combustíveis são usados em larga escala não apenas para aquecimento residencial, comercial e industrial como também na cogeração de energia elétrica (GENTIL, 2008).

Apesar de se ter registros da atividade de briquetagem no Brasil desde os anos 40 do século passado, o briquete ainda é um produto emergente, pouco demandado e conhecido no Brasil, onde sequer se tem o registro exato do número de usinas de briquetagem em operação. A primeira briquetadeira a operar no Brasil que se tem notícia era da marca Hansa, de pistão mecânico a pulso, importada em 1940 para uma indústria de Santa Catarina. Só em 1985 que uma indústria brasileira começaria a fabricar seu primeiro equipamento para produção de briquetes – a Biomax Indústria de Máquinas Ltda, localizada na cidade gaúcha de São Leopoldo.

De acordo com diretor-presidente da Biomax (comunicação oral, 30/11/2012), haveria cerca de 100 usinas de briquetes no Brasil atualmente com uma produção de 33.333 toneladas/mês e 400 mil toneladas/ano. Já o diretor-presidente das Indústrias Lippel Ltda, fabricante de máquinas para produção de biocombustíveis adensados, estimou em cerca de 200 o número de usinas de briquetes no Brasil, entre micro, pequenas e grandes empresas, capazes de briquetar de 500 kg/h a

2.000 kg/h (média de 1.200 kg/h), com uma produção mensal de 80.000 toneladas e de 960.000 t/ano (comunicação oral, 30/11/2012).

Segundo o diretor da Lippel, os resíduos da indústria moveleira ainda predominam como matéria-prima (55%), mas tem aumentando o uso dos resíduos agroindustriais na fabricação de briquetes, como casca de algodão, café, palha de arroz, pó de fumo e bagaço de cana. De acordo com os dois empresários, a maior parte da produção estava concentrada nos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Pará.

A produção de *pellets* no Brasil é mais recente. A primeira planta brasileira foi instalada em 1994, na cidade de Negrinhos, em Santa Catarina. Trata-se da fábrica Battistela, que existe até hoje produzindo *pellets* de madeira (OLIVEIRA, 2012). De acordo com dados da Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa, existem cerca de oito fábricas desse combustível no País e todas elas com volume muito baixo de produção – menos de 350 toneladas mensais.

Dias (2002) estabelece uma correlação entre o maior uso de *pellets* ou de briquetes ao grau de desenvolvimento dos países. Segundo ele, os briquetes são mais usados em países em desenvolvimento, como o Brasil, onde predominam os fornos mais rústicos e, por isso, menos eficientes. Já os *pellets* seriam mais usados nos países desenvolvidos, nos quais o seu uso é automatizado, inclusive nas residências.

Uma das razões para essa segmentação do mercado de combustíveis adensados é que para poder usar *pellets*, é necessário que o consumidor adquira equipamentos específicos, como fornos e caldeiras de alta eficiência. Para investir neste tipo de maquinário é fundamental que se tenha garantia não só do fornecimento como da qualidade do combustível a preços competitivos, o que só é possível com uma indústria bem estruturada (SERRANO, 2009).

Para se ter um parâmetro do volume de produção de briquetes no Brasil em relação aos países que são os maiores produtores e consumidores do combustível, enquanto que a produção de uma empresa brasileira é considerada grande se for de 1000 toneladas/mês, em países como a Suécia e a Finlândia a produção de grande porte é aquela superior a 10 mil toneladas/mês (GENTIL, 2008).

Conforme estudo elaborado por Couto et al. (2004) para o Estado do Espírito Santo, os maiores desafios para a consolidação da indústria de briquetes no Brasil são: o alto preço do transporte da matéria-prima, a sua heterogeneidade, a concorrência com a lenha e o carvão (sobretudo ilegais), alta carga tributária para uma indústria cujo produto tem baixo valor agregado e o desconhecimento do produto. Em relação ao mercado externo, o maior entrave é o despreparo das usinas de briquetagem

existentes em atender aos grandes pedidos comerciais dos importadores, além da burocracia do governo e do elevado custo para o capital de giro.

10.4 Caracterização de *pellets* e briquetes

Os *pellets* e os briquetes são as formas mais refinadas de biomassa sólida. Ambos podem ser produzidos a partir da compactação (adensamento) de qualquer matéria orgânica animal e vegetal, tanto para fins energéticos como alimentares (um bom exemplo de *pellet* alimentar são as rações para animais).

A diferença básica entre os dois combustíveis é a aparência e o processo de produção, determinados pelo fim a que se destinam os dois tipos de combustível. Os briquetes têm geralmente entre 3 cm e 10 cm de diâmetro e entre 4 cm e 40 cm de comprimento; combustíveis adensados com dimensões menores do que essas são chamados de *pellets* (ALAKANGAS, 2006; GROVER; MISHRA, 1996; BIOMASSA E BRIQUETES, 2007; QUIRINO, 2002, 1991; PEREIRA, 2006 apud GENTIL, 2008).



Figura 10.1 – Briquetes em toras.

Foto: Embrapa Agroenergia.



Figura 10.2 – *Pellets* em combustão.

Foto: Firmquestions Soluções Ambientais.

Cada país explora as suas potencialidades biomássicas de forma diferente: a Finlândia, país frio e úmido, tem grandes reservas e industrialização de turfa, a qual é transformada e briquetada ou pelletizada para a produção de energia; no caso

da Índia, que tem o maior rebanho bovino do mundo que não é abatido por ser um animal sagrado, o esterco seco é muito utilizado na briquetagem para uso em fogões domésticos (GENTIL, 2008).

Já o Brasil possui 477,7 milhões de hectares de florestas naturais; 6,5 milhões de hectares de florestas plantadas; uma produção de 290,8 milhões de t/ano de resíduos agroindustriais, 85,6 milhões t/ano de resíduos florestais e 365,3 milhões t/ano de resíduos animais, além dos resíduos agrícolas, impossíveis de serem quantificados (BRASIL, 2011), o que, em princípio, seria uma vantagem comparativa do País na produção de biocombustíveis sólidos adensados.

Na fabricação nacional de *pellets* e briquetes podem ser usadas matérias-primas como: resíduos de serrarias (ex: cavaco, serragem, e maravalha), da agricultura (ex: casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana-de-açúcar, casca de algodão, de café, casca de coco etc), de atividades extrativistas florestais (ex: palhas e cascas de árvores exploradas para produção de ceras e resinas), além de restos de poda urbana e espécies vegetais plantadas especialmente para fins energéticos (QUIRINO, 1991).

Por oferecerem uma queima rápida e uniforme, os biocombustíveis sólidos adensados são usados para queima em abatedouros, cerâmicas, cervejarias, destilarias, fecularias, hospitais, hotéis/motéis, indústria de balas, indústria de óleo de soja, indústria de papel, indústria de refrigerantes, laticínios, lavanderias, metalúrgicas, panificadoras, pizzarias, residências e tinturarias (GENTIL, 2008).



Figura 10.3 – Publicidade de sistema de aquecimento de ambiente a *pellets* em Portugal.

Foto: lojadocalor.com.

O processo de produção de *pellets* e de briquetes é praticamente igual, mudando apenas os equipamentos que fazem a compactação e adensamento da matéria-prima. O adensamento ligno-celulósico para produção de *pellets* é feita na peletizadora, por extrusão contínua numa matriz de furos (Figura 10.4); a compactação do briquete é feito na briquetadeira, equipada com pistão mecânico de pulso (Figura 10.5).



Figura 10.4 – *Pellets* saindo da peletizadora.

Foto: Energia Biomassa: energias renováveis em Portugal.



Figura 10.5 – Briquetes saindo da briquetadeira e sendo embalados.

Foto: Marília Estevão Tavares.

A competitividade dos briquetes ou *pellets* no mercado é função da relação preço/poder calorífico. Quem compra biocombustível adensado compra na verdade energia (Quadro 10.1). Assim, quanto menor o teor de umidade e maior a densidade, maior capacidade energética terão esses combustíveis (GENTIL, 2008).

Não há ainda no Brasil normas técnicas para fabricação de combustíveis adensados. As referências utilizadas nas pesquisas, estudos de caso e planos de negócio são todas internacionais, utilizadas nos países com tradição no uso desses biocombustíveis. De um modo geral, aceita-se como briquetes e *pellets* de qualidade aqueles que se enquadram nas características a seguir:

Quadro 10.1 – Características físico-químicas dos briquetes e *pellets*.

PARÂMETROS	BRIQUETES	PELLETS
Diâmetro	de 3cm a 10 cm	Abaixo de 3 cm
Comprimento	20 cm a 25 cm	Até 4 cm
Densidade aparente	De 1 t/m ³ a 1,4 t/m ³	idem
Densidade a granel	600 kg/m ³ a 700 kg/m ³	idem
Poder Calorífico Superior	4.300 kcal/kg a 4.800 kcal/kg	idem
Umidade	Entre 8% e 10%	idem
Teores de voláteis	81%	idem
Cinzas	1,2%	idem
Carbono fixo	18,8%	idem
Matérias-primas	serragem, maravalha, casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana-de-açúcar, casca de algodão, café entre outros (QUIRINO, 1991), sozinhas ou misturadas umas às outras, dependendo da densidade que se quiser ter (poder calorífico)	

Fonte: Gentil (2008).

Além do menor preço relativo (mais energia concentrada num mesmo espaço ocupado por lenha) as outras vantagens dos biocombustíveis sólidos adensados para quem os compra são: uniformidade de temperatura e pressão de vapor, proporcionando um melhor acabamento nos produtos cozidos nos fornos; elevação rápida da temperatura, contribuindo para uma maior eficiência nos processos produtivos; redução de mão-de-obra para carga e descarga; padronização dos tamanhos, permitindo um melhor aproveitamento dos espaços tanto para transporte quanto para armazenamento, além de facilitar a acomodação do produto em *containers* para exportação (Quadro 10.2).

Quadro 10.2 – Vantagens dos *pellets* e briquetes sobre a lenha.

BRIQUETES E PELLETS	LENHA
Maior densidade a granel = mais energia em menos espaço = menor custo de transporte e armazenamento	Menor densidade a granel = menos energia em maior espaço = maior custo de transporte e armazenamento
Estocagem limpa, ensacada, sem bichos e contaminação	Sujeira, bichos e perigo de contaminação do local de estoque
Permite uma melhor conservação dos fornos	Danifica as grelhas das fornalhas
Manejo mais cômodo e seguro	Maior possibilidade de ferimentos nas operações de carregamento, descarregamento, abastecimento da fornalha
Melhor logística pela padronização dos produtos	Logística mais difícil pelo tamanho, peso e formatos irregulares
Dispensa documentação e pagamentos de taxas	Exigência de licenças especiais e pagamento de taxas
Não provoca o desmatamento	Seu uso indiscriminado e sem manejo contribui para o desmatamento e a degradação ambiental.
Pouca produção de cinza, fuligem ou fumaça, devido à baixa umidade (entre 8% e 10%)	Umidade em torno de 25% a 50%
Regularidade térmica = queima mais regular = melhor qualidade do produto	A irregularidade térmica é uma das responsáveis por defeitos nos produtos provocados pela queima
Temperatura alta da chama	Temperatura baixa da chama
Venda por kg	Venda por metro cúbico, ocasionando prejuízos para o consumidor, que “paga” pelos espaços vazios entre os galhos.

Fonte: Gentil (2008).

Por questões históricas, culturais e comerciais, relacionadas com os tipos de fornos e os fins a que se destina, o produto ligno-celulósico adensado que se desenvolveu no Brasil foi o briquete e não o *pellet*, inclusive no Rio Grande do Norte. Por esse motivo, este trabalho terá como foco a análise da viabilidade econômica da instalação de uma fábrica de briquetes na região do Estado onde está sendo desenvolvido o Projeto Caatinga Viva.

10.5 Vantagens comparativas da região do Baixo-Açu para produção de briquetes

Principal polo ceramista do Rio Grande do Norte, a região do Seridó encontra-se hoje em um processo de destruição do Bioma Caatinga avançado, com um núcleo de desertificação já consolidado. A principal razão é a exploração insustentável da mata nativa. Mas, apesar da grande demanda de lenha para os fornos das indústrias, o que justificaria a instalação de unidades produtoras de lenha ecológica (briquete), o Seridó não reúne as condições ideais para esse tipo de empreendimento, ao contrário do Baixo-Açu cujas características fazem da região um potencial polo produtor de biocombustíveis adensados.

a) Logística.

O mercado consumidor é apenas um dos fatores determinante da viabilidade econômica de implantação de uma fábrica, seja ela qual for. O segundo é a logística para atender à demanda. No caso dos biocombustíveis adensados, o custo do transporte em longas distâncias é mais caro do que a própria carga (EMBRAPA, 2012).

Qualquer uma das cidades que fazem parte do Baixo-Açu está no epicentro da produção de cerâmica vermelha da região e, ao mesmo tempo, mais perto da capital Natal e dos dois maiores centros industriais do Estado – os municípios de Mossoró e Parnamirim, que possuem indústrias que também usam fornos e poderiam se beneficiar da lenha artificial, sobretudo o segmento de pizzarias. Apesar de individualmente demandarem menos quantidade em relação às indústrias, esse segmento costuma pagar melhor pelo produto do que o setor industrial (EMBRAPA, 2012).

Há também que se considerar o potencial exportador do Baixo-Açu, cujos municípios se localizam em uma região de fácil acesso não só aos portos de Natal-RN e Fortaleza-CE, como ao porto graneleiro de Areia Branca, distante 89 km da fábrica de biocombustíveis adensados em construção. Num segundo momento de maior maturação do Arranjo Produtivo Local de produção de bioenergia, esse posicionamento estratégico poderia significar mais uma possibilidade de mercado para a indústria nascente de biocombustíveis adensados na região.

A formação de um APL de produção de briquetes pode – e deve – evoluir para a produção de biocombustíveis adensados mais sofisticados e econômicos. Assim, uma fábrica que produz briquetes, já tem a maior parte da estrutura necessária para produzir também *pellets*, bastando adquirir uma peletizadora para diversificar

a produção, já que a tendência, mesmo no Brasil, é de que os fornos evoluam e passem a exigir cada vez combustíveis de alimentação direta, como é o caso dos *pellets*. Contudo, o que ainda é uma promessa no Brasil já é realidade nos países desenvolvidos.

O principal mercado de *pellets* está na Europa. Lá, o combustível é usado principalmente no aquecimento de ambientes e para fornecimento de água quente para uso residencial devido às baixas temperaturas registradas durante grande parte do ano. Devido às dimensões reduzidas, à fluidez e à possibilidade de abastecimento das residências usando tubos flexíveis que ligam caminhões-tanque diretamente aos silos alimentadores de caldeiras de baixa pressão, os *pellets* são os substitutos preferenciais dos combustíveis fósseis e da eletricidade (EMBRAPA, 2012).

Países como a Dinamarca, Suécia, Alemanha, Áustria e Itália consomem, juntos, 1,98 milhão de toneladas do combustível por ano (Rakos, 2007, apud SERRANO, 2009); para atender à demanda do mercado de *pellets* crescente, só a Suécia produziu 1,6 milhão de toneladas em 2008 e importou outras 300 mil toneladas, principalmente, de outros países da Europa e também do Canadá. Não há previsão de qualquer queda na demanda e a taxa de crescimento para os próximos anos deverá se situar entre 8% e 10% ao ano (GENTIL, 2008).

Esta tendência de abertura do mercado para um número cada vez maior de parceiros é registrada pela European Association Biomassa (AEBIOM), segundo a qual os mercados de *pellets* de madeira residencial e industrial devem consumir entre 50 e 80 milhões de toneladas em 2020 e dependerão de um comércio internacional muito mais abrangente (OLIVEIRA, 2012).

É nesta perspectiva que países com disponibilidade de terras agricultáveis; setores agroindustrial e florestal consolidados e clima tropical podem passar a competir nesse mercado em expansão, ainda que geograficamente mais distantes da Europa do que os Estados Unidos e o Canadá, principais exportadores de *pellets* fora da Comunidade Europeia.

Ao analisar o fluxo de comércio Brasil–Alemanha, à luz do modelo de Heckscher–Ohlin, Cardoso et al. (2005) concluíram que o primeiro país é intensivo em mão de obra em relação ao segundo; mesmo reconhecendo a abundância do fator trabalho nos processos produtivos brasileiros, Feistel e Hidalgo (2010) identificaram uma mudança na estrutura do comércio exterior brasileiro, na análise que fizeram utilizando uma versão do modelo de Heckscher–Ohlin com três bens e três fatores e

utilizando a técnica de insumo- produto: de que a longo prazo haveria um aumento na participação do fator recursos naturais, em detrimento do fator trabalho e do fator capital (este último escasso no Brasil). Dois anos mais tarde, os mesmos autores – Feistel e Hidalgo (2012) - concluíram que essa tendência já era uma realidade no comércio entre Brasil–China.

De modo que, intensivo em recursos naturais e em mão-de-obra barata, o que garante custos mais baixos da biomassa madeireira e dos resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais, o Brasil possui vantagens comparativas para se tornar um player também no mercado de briquetes e *pellets* e pode ter na região do Baixo-Açu um promissor polo produtor desses combustíveis.

b) Matéria-prima abundante e próxima ao centro produtor de briquetes.

No caso da produção de biocombustíveis adensados, um dos fatores mais importantes é a disponibilidade local de resíduos para adensamento. Este é o primeiro empecilho para a instalação de plantas de briquetagem na região do Seridó que, devido às suas características climáticas e de solo – até mesmo pelo processo avançado de desertificação que apresenta – não conta com um estoque vegetal capaz de suprir as necessidades de combustível das indústrias cerâmicas.

Situação totalmente diferente é verificada na região do Baixo-Açu. A região possui um diferencial em relação às demais regiões do Estado e em especial ao Seridó: está localizada na maior bacia hidrográfica do Estado, cujo rio principal – o Piranhas-Açu – foi perenizado com a construção da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, oferecendo segurança hídrica para os projetos agroindustriais da região.

A fartura de água favorece a incorporação de grandes áreas de agricultura irrigada para a plantação de plantas energéticas visando à produção de biomassa a ser utilizada no processo de briquetagem, além dos resíduos gerados pelas agroindústrias que também podem ser aproveitados no processo de briquetagem. De acordo com o Censo Agropecuário de 2006 do IBGE, os nove municípios do Baixo-Açu possuem 8.323 ha de terras irrigadas; os 17 municípios do Seridó somam apenas 4.701 ha de áreas irrigadas.

Mas além de oferecer condições para o plantio de espécies energéticas, o Baixo-Açu conta com a abundância de matéria-prima vegetal já disponível na natureza, como os restos das culturas do polo frutícola da região e, principalmente, os resíduos da produção de cera de carnaúba que hoje são desperdiçados e amontoados ao relento, com prejuízo ambiental, apesar do potencial desse material para um uso nobre como é a geração de energia.

10.6 A carnaúba como matéria-prima principal na produção de briquetes

A carnaúba, ou *Copernicia Prunifera*, é uma das 28 espécies de palmeira do gênero *copernicia* existentes no continente americano. A origem do nome é controversa. De acordo com o botânico Renato Braga (1976), os índios a chamavam de *caranaiba* ou *caranaúba*, que significa árvore que arranha (*caraná* = arranhante, escamoso e *iba* ou *uba* = árvore).



Figura 10.6 – Carnaubal em Ipangaçu, RN.

Foto: Sílvio Tavares.

Presente principalmente nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Maranhão, a carnaúba já foi um dos produtos mais importantes da economia desses estados, num ciclo iniciado no início do século XX e que atingiu seu auge na década de 70 (COSTA, 2009; ALBANO; SÁ, 2009).

Por ser uma planta com múltiplos usos pelo homem, é conhecida também como “árvore da vida”. As raízes têm propriedades medicinais; os frutos servem de alimento humano e animal; os troncos são utilizados em construções e, por fim, as folhas, a parte mais preciosa da palmeira: delas são feitos os mais diversos produtos do artesanato típico nordestino, como chapéus, bolsas, baús etc. As esteiras, por exemplo, são usadas como isolantes térmicos nos dutos condutores de vapor da Petrobras, reduzindo a perda de calor e, conseqüentemente, tornando mais eficiente a geração de energia térmica. É das folhas também que se extrai um pó com o qual se produz um insumo largamente utilizado nas indústrias química, eletrônica, cosmética, alimentícia e farmacêutica: a cera de carnaúba (CARVALHO, 1982).

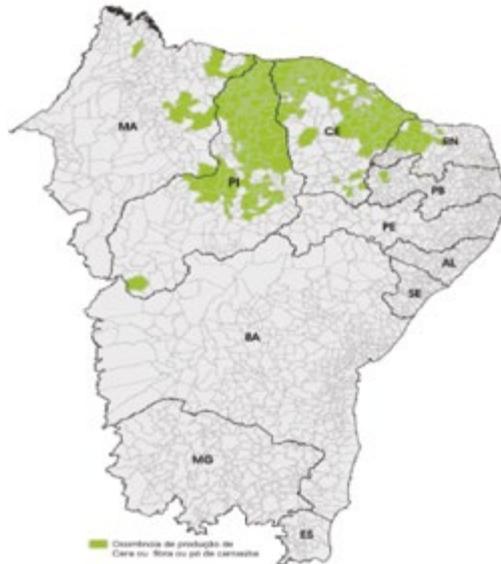


Figura 10.7. – Mapa de ocorrência de carnaúba (fibra, ou pó, ou cera) na área de atuação do BNB, 2004.

Fonte: Produção Extrativa Vegetal (IBGE, 2004).

O Piauí é o maior produtor do pó cerífero, mas ocupa o segundo lugar na produção de cera, com uma participação de 40%. Parte da matéria-prima piauiense é beneficiada no Ceará, que lidera a produção de cera no País, com uma participação superior a 50% no total produzido. O Rio Grande do Norte é o terceiro maior produtor de cera, responsável por algo em torno de 6% da produção nacional. O restante vem da produção dos estados do Maranhão, Paraíba, Pernambuco e Bahia (LIMA, 2011).

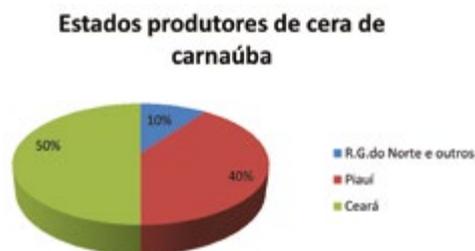


Figura 10.8 – Produção de cera de carnaúba no Brasil.

Fonte: Lima (2011).

A produção potiguar de pó cerífico se concentra em oito municípios do Rio Grande do Norte: Açu, Ipanguaçu, Carnaubais, Upanema, Apodi, Felipe Guerra, Mossoró e São Rafael. Os três primeiros pertencem à microrregião do Vale do Açu, que já ocupou lugar de destaque nacional na produção de cera de carnaúba até os anos 70. A partir do início da década seguinte, a consolidação do projeto do governo do estado de transformar o Vale do Açu num polo de fruticultura irrigada e de outros projetos agropecuários fez com que grandes áreas de carnaubais fossem ocupadas com pasto e plantações irrigadas (ALBANO; SÁ, 2009).

Para se ter uma ideia do peso da participação potiguar nas exportações de cera de carnaúba, pode-se compará-la à dos dois outros estados produtores (Tabela 10.2). Até julho de 2012 o Rio Grande do Norte havia exportado 435 t de cera de carnaúba, de acordo com dados do Instituto de Desenvolvimento do Ceará e da Federação das Indústrias do mesmo Estado, obtidos através do Sistema AliceWeb, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

Tabela 10.2 – Exportação de cera de carnaúba em 2011.

ESTADO	US\$ FOB	PESO LÍQUIDO (KG)	PARTICIPAÇÃO
Ceará	58.215.910	8.371.235	53,87%
Piauí	44.096.763	6.548.275	40,81%
Rio Grande do Norte	5.746.787	902.000	5,32%
TOTAL	108.059.460	15.821.510	100,00%

Fonte: Aliceweb (MDIC).

Os maiores importadores são: Estados Unidos, Japão, Alemanha, China, Holanda e Itália. Já o mercado interno gera uma demanda média de 3.600 toneladas/ano de cera de carnaúba (COSTA, 2009). Os maiores compradores no mercado interno são indústrias instaladas nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pernambuco e Bahia (LIMA, 2011).

Apesar da redução das exportações da cera ao longo dos anos, a cadeia extrativista da carnaúba ainda possui um relevante papel social para o Rio Grande do Norte, uma vez que gera ocupação para 15 mil famílias de baixa renda. É justamente nos meses de julho a dezembro, quando as chuvas escasseiam e as atividades da agricultura familiar se reduzem, que a mão de obra ociosa das famílias de pequenos agricultores é usada na produção da cera e do pó da carnaúba (COSTA, 2009).

Além de todos os usos já citados da carnaúba, mais um se soma, ampliando a sua cadeia produtiva: o seu aproveitamento para produção de bioenergia através do adensamento ligno-celulósico das palhas, após a extração do pó cerífico.

Conforme os testes elaborados por Tavares e Santos (2012), a palha de carnaúba tem as características físico-químicas necessárias para a produção de briquetes (lenha ecológica) de qualidade para atender à demanda das indústrias da região, atenuando os impactos ambientais ora provocados pelo desflorestamento para a produção de lenha.

10.6.1 Dimensionamento da oferta de palha de carnaúba no Baixo-Açu

A metodologia mais eficiente para se estimar a oferta anual de resíduos gerados pelo extrativismo do pó cerífero é através do volume da produção de cera de carnaúba. A contagem pura e simples das árvores, através de imagens de satélites pode levar à superestimação da quantidade de resíduos provenientes da produção de cera de carnaúba, uma vez que nem todas as palmeiras são exploradas numa mesma safra por serem jovens demais ou por ainda não terem se recomposto do corte anterior ou até mesmo por não serem mais produtivas. Além do mais, como a matéria-prima a ser utilizada na fabricação dos briquetes é a chamada bagana da palha que sobra depois da derricação (extração mecânica do pó cerífero feita numa máquina chamada de derrickadeira), não interessa a este estudo a simples quantificação das carnaúbas existentes, mas sim do volume potencial de resíduos gerados pela cadeia produtiva da cera produzida a partir da palmeira.

Estimar a população de palmeiras através do sentido inverso da cadeia produtiva da cera de carnaúba tem sido, historicamente, a metodologia usada pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), empresa pública executora das políticas de garantias de preços mínimos de algumas produções extrativistas, como a da carnaúba. Segundo comunicação oral prestada por analista de mercado de Produtos Agrícolas da Conab-RN, no dia 18/09/2012, essa estimativa é feita a partir das informações mais concretas sobre a atividade disponíveis – os números das exportações anuais nacionais e estaduais de cera de carnaúba, disponíveis pelo sistema AliceWeb, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Para chegarem ao percentual que as exportações representam na produção nacional e dos Estados, os técnicos da Companhia coletam informações no próprio mercado, representado pelas indústrias de beneficiamento de cera que compram o pó cerífero dos trabalhadores rurais.

De acordo com as análises de conjuntura da Conab, as exportações de cera de carnaúba representam entre 80% (COSTA, 2009) e 85% (MOURA, 2007) da produção nacional. Utilizando-se desse raciocínio e considerando que os volumes

exportados representam 80% da produção, os volumes de cera produzidos no Brasil e no Rio Grande do Norte de janeiro de 2000 a agosto de 2012 seriam estimados conforme a Tabela 10.3.

No presente estudo, além de calcular a produção de cera a partir dos dados de exportação do produto, foi realizada uma segunda pesquisa de campo, desta vez junto aos maiores produtores de cera do Estado, para saber se os dados do AliceWeb são de fato representativos da produção potiguar.

A pesquisa foi realizada no período de 1º a 15 de outubro e nela constatou-se que toda a exportação de pó potiguar é feita por uma única empresa – a Organização Tabajara Ltda (Ortal), localizada em Mossoró. Esta empresa produz cera a partir do pó coletado por ela e ainda beneficia o pó cerífero de outros produtores do Estado. A empresa refina também a cera produzida pela única empresa instalada no Baixo-Açu e segunda maior produtora de pó cerífero potiguar – a J.Maehlmann Agentes de Comércio Exterior Ltda, localizada na própria região, no Município de Assú.

Tabela 10.3 – Produção de cera de carnaúba no RN (2000 a 2011).

ANO	EXPORT. BRASIL (T)	PRODUÇÃO BRASIL (T)	EXPORT. RN (T)	PRODUÇÃO RN (T)
2000	12.674	15.843	641 (5,05%)	769,2
2001	15.104	18.880	1.647 (10,9%)	1.976,4
2002	15.114	18.892	2.006 (13,27%)	2.407,2
2003	13.634	17.042	2.553 (18,72%)	3.063,6
2004	14.288	17.860	2.497 (17,47%)	2.996,4
2005	14.886	18.608	2.117 (14,62%)	2.540,4
2006	16.029	20.036	545 (3,4%)	654
2007	15.468	19.335	1.366 (8,83 %)	1.639,2
2008	15.195	18.993	858 (5,64%)	1.209,6
2009	12.244	15.305	620 (5,06%)	744
2010	17.661	22.076	1.410 (7,98%)	1.692
2011	15.828	19.785	902 (5,69%)	1.082

Nota: os dados de produção foram estimados a partir dos números das exportações.

Fonte: Aliceweb (MDIC).

De acordo com a comunicação oral feita pelo diretor-presidente da Ortal no dia 24 de outubro de 2012, pelo menos metade do pó extraído do território potiguar é comprada, beneficiada e exportada por empresas do Ceará. Ele afirma que a produção de pó cerífero do Rio Grande do Norte gira em torno de 1.500 toneladas/

ano, quantidade suficiente para produzir 1.125 toneladas/ano de cera de carnaúba (tabela 10.4). A informação do empresário é compatível com os resultados dos cálculos da produção anual de cera de carnaúba, obtidos a partir dos dados de exportações disponíveis no Sistema Alice Web, que apresentam uma média de produção de 1.273 toneladas nos últimos cinco anos.

Tabela 10.4 – Produção de cera de carnaúba de pó cerífero do RN safra 2011/12.

PRODUTORES	PRODUÇÃO DE PÓ (T)	PRODUÇÃO DE CERA (T)
J. Maehlmann	153,48	115,11
Ortal	642,52	484,89
MS e Foncepi (Ceará)	700,00	525
TOTAL	1.500,00	1.125,00

Nota: cada 20 kg de pó produz 15 kg de cera.

Fonte: Tavares (2013).

Para dimensionar a quantidade de resíduos da cadeia produtiva da cera de carnaúba a partir dos dados de produção de pó cerífero, buscaram-se na literatura disponível sobre o assunto os parâmetros de produtividade por palha. Foram encontrados níveis de produtividade que vão de 5g a 10g de pó cerífero por palha (CARVALHO, 2005; CÂMARA SETORIAL DA CARNAÚBA, 2009; MOURA, 2010), dependendo não só das características inerentes às plantas, como também do processo de secagem, que pode ser em chão batido, em estaleiro ou com secador solar, sendo o primeiro mais rudimentar e o último mais eficiente.

Optou-se pelos parâmetros de produtividades estabelecidos por Moura (2010) no estudo realizado sobre a cadeia produtiva da cera de carnaúba do Município de Carnaubais, por ele ratificar as informações colhidas na pesquisa de campo com os produtores de cera da região. Os dados sobre peso das folhas e talos foram obtidos do trabalho de Carvalho (2005) realizado no Município de Campo Maior, no Piauí.

No total de resíduos gerados pela cadeia da atividade cerífera, foram incluídas as palhas basais (que ficam nas árvores por não conterem pó e, portanto, por não terem valor econômico), além de seus respectivos talos, também desperdiçados. O ponto de partida para calcular a quantidade de resíduos foi a produção de pó cerífero no Rio Grande do Norte, estimada em 1.500 toneladas/ano.

Cálculo do peso total de resíduos gerados na produção de cera de carnaúba

- 1000 palhas de carnaúba = 10 kg de pó cerífero;
logo, 1.500.000 kg de pó = **150.000.000 de palhas**
- De 1.500.000 kg de pó:
⇒ 80% é pó de palha (tipo B) = **1.200.000 kg / 120.000.000 palhas**
⇒ 20% é pó de olho (tipo A) = **300.000 kg / 30.000.000 folhas-olho**
- Peso de 1 palha seca **com** pó = 0,128 kg (CARVALHO, 2005)
⇒ Peso total das palhas secas **com** pó = 120.000.000 x 0,128 =
15.360.000 kg ou **15.360 t**
- Peso de 1 folha de olho seca **com** pó = 0,068 kg (CARVALHO, 2005)
⇒ Peso total das folhas de olho secas **com** pó = 30.000.000 x 0,068 =
2.040.000 kg ou **2.040 t**
- Peso total das palhas secas e das folhas de olho **com** pó =
15.360 + 2.040 = 17.400.000 kg ou **17.400 t**
- Peso total das palhas e folhas de olho secas **sem** pó (baganas) =
17.400 – 1.500 = 15.900.000 kg ou **15.900 t**
- Peso de 1 talo (1 por palha e folha) = 0,051 kg (CARVALHO, 2005)
⇒ Peso total dos talos = 150.000.000 x 0,051 = 7.650.000 ou **7.650 t**
- Nº de palhas basais totais (20 por árvore em média, segundo
comunicação oral do sócio-gerente da J. Maehlmann, Agentes de
Comércio Exterior Ltda, no dia 5/10/2012):
⇒ 150.000.000 (número total de palhas e folhas) / 75
(número de palhas e folhas cortadas de cada palmeira) =
2.000.000 de carnaúbas
⇒ 2.000.000 x 20 = 40.000.000 de palhas basais (sem pó).
- Peso das palhas basais (que não têm pó) =
peso das palhas secas normais, depois da retirada do pó.
⇒ Peso de 1 palha seca basal = 15.360.000 kg
(peso das palhas secas **com** pó) – 1.200.000 (peso do pó de palha) /
120.000.000 (nº de palhas secas) = 0,118 kg
⇒ Peso total das palhas basais = 40.000.000 x 0,118 =
4.720.000 kg ou **4.720 t**
- Peso dos talos das palhas basais (o mesmo das demais palhas)
⇒ 40.000.000 x 0,051 kg = 2.040.000 kg ou 2.040 t

Quadro 10.3 – Produção total de resíduos da produção de cera de carnaúba (t).

TIPOS DE RESÍDUOS	PESO (t)
Baganas sem pó cerífero	15.900
Talos cortados	7.650
Folhas secas basais	4.720
Talos das folhas secas basais	2.040
TOTAL/ANO	30.310 t

Fonte: Tavares (2013).

Considera-se hoje no Brasil que para ser viável economicamente uma planta de briqueite deve produzir, no mínimo, 400 t/mês e 4.800 t/ano. Esta é a média da produção da maior parte das usinas de briquetagem que funcionam de forma mais profissional no País, de acordo com os próprio fabricantes dos equipamentos (Lippel e Biomax). Para produzir essa quantidade de briqueite é necessário processar 5.760 t de matéria-prima, considerando uma perda de 20%. Logo, a quantidade disponível de resíduos de palha de carnaúba na região do Baixo-Açu e no Vale do Apodi (Quadro 10.3) é suficiente para alimentar anualmente cinco fábricas com o mesmo padrão de produção.

10.7 O capim-elefante como matéria-prima secundária para a produção de briquetes na região do Baixo-Açu

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) é uma das mais importantes gramíneas do mundo por sua larga utilização como forrageira de grande valor nutritivo para os rebanhos, sobretudo de bovinos. É originária da África, mas encontra-se difundida em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, inclusive no Brasil. A razão do seu uso generalizado para alimentação animal deve-se ao fato de a gramínea apresentar, ao mesmo tempo, uma alta produtividade e um baixo custo de produção no campo em relação a outras espécies (CARVALHO et al., 1997).

Foi exatamente a alta produtividade do capim-elefante, que despertou o interesse de empresários e pesquisadores da área de energia em estudar a sua utilização para fins energéticos. Para se ter uma ideia desse potencial, pode-se comparar a produtividade da gramínea com a da árvore mais plantada no Brasil para produção de papel e celulose – o eucalipto: enquanto esta espécie fornece, em média, 7,5

toneladas de biomassa seca por hectare ao ano (podendo chegar a 20 toneladas nas melhores condições), o capim-elefante chega a alcançar até 80 toneladas em igual período, de acordo com os dados do banco de acesso do capim-elefante da Embrapa Gado de Leite, em Minas Gerais.

Outra vantagem da gramínea sobre a árvore para a produção de biomassa é o tempo de corte: de sete anos no mínimo para o eucalipto contra duas a quatro colheitas anuais para o capim-elefante, numa mesma área, por até 20 anos, depois dos quais é feita a renovação do plantio.

É verdade que o Baixo-Açu possui resíduos com boas características para adensamento em grande quantidade e, o que é melhor, disponibilizados já secos devido à alta insolação. Contudo, o capim-elefante é indicado para um uso secundário importante na produção de briquetes (TAVARES; SANTOS, 2012). A gramínea representa uma alternativa de matéria-prima no período de entressafra do pó cerífero e também nos anos em que a estação chuvosa se prolongar, impedindo assim a atividade extrativista do pó cerífero e, conseqüentemente, a produção de resíduos (palha) para alimentar a biofábrica.

Conforme já enumerado, entre as vantagens comparativas do Baixo-Açu para a produção de biocombustíveis sólidos adensados, a existência de áreas irrigáveis viabiliza a plantação de capim-elefante em grande escala para produção de bioenergia alimentar não apenas uma mas outras usinas de briquetes que se instalarem na região.

10.8 O processo produtivo de briquetes

A briquetagem consiste no adensamento de materiais ligno-celulósicos a elevadas pressões e temperaturas, provocando a plastificação da lignina, uma macromolécula presente em todos os vegetais, que funciona como aglomerante das partículas de biomassa. Durante o processo, os resíduos vegetais heterogêneos são moídos, secos e compactados de modo a se transformarem em biocombustíveis sólidos. Mas, apesar do apelo ecológico de se aproveitar resíduos para a fabricação de um combustível, poupando assim outros recursos naturais, vegetais e minerais, para a produção de energia, a produção dessa biomassa moderna de segunda geração nem sempre é viável economicamente.

Conforme já citado anteriormente, um dos maiores gargalos da produção de biocombustíveis adensados é a logística para aquisição de uma matéria-prima volumosa e pouco densa, o que exige muitos deslocamentos de caminhões para conseguir a quantidade de resíduos necessária à alimentação da biofábrica. Por essa

razão, esses resíduos devem estar próximos o suficiente para não onerar os custos de transporte. Outra questão a ser examinada cuidadosamente é a concorrência dos briquetes com os demais combustíveis disponíveis no mercado estudado.

Ou seja: além de virtuoso por promover a recomposição vegetal local, o uso do briquete deve ser vantajoso para quem os fabrica e compra. Só assim a produção de biocombustíveis adensados poderá estimular a instalação de novas usinas, criando um *cluster* bioenergético, gerando novas oportunidades de emprego e renda, além de proporcionar o desenvolvimento sustentável das demais empresas locais.

No caso específico da região estudada, que dispõe de resíduos adensáveis em abundância (palha de carnaúba) e próximos da unidade fabril, o briquete surge como alternativa energética para os atuais consumidores de lenha e também como elemento mitigador do processo de desertificação. Porém, por ser um produto a ser utilizado como insumo em diversos processos industriais, a racionalidade e a eficiência na produção são fundamentais para que o combustível seja produzido a preços competitivos no mercado a que se destina.

Dependendo do porte, da quantidade que se deseja produzir e das peculiaridades da matéria-prima a ser adensada, as plantas de briquetagem podem diferir umas das outras. A seguir exemplificamos o processo de produção da Fábrica Leneco, localizada no Município de Capitão Leônidas Marques, no Paraná.



Figura 10.9 – Fábrica Leneco.

Foto: Marília Estevão Tavares.

A Leneco funciona há cinco anos produzindo briquetes à base de serragem de madeira, resíduo farto na região, um importante polo moveleiro do Estado que compõe 95% das matérias-primas utilizadas na produção do biocombustível; os outros 5% são resíduos vegetais de podas urbanas.

De acordo com o proprietário da fábrica, Luís Carlos Vieira, os resíduos madeiros (serragem, cavacos e maravalhas) são coletados num raio máximo de 150 km da fábrica, a um preço médio de R\$ 20,00 por metro cúbico; já o material das podas é obtido parte através de uma parceria com a prefeitura a custo zero e parte comprado a um preço máximo de R\$ 5,00.

Assim que começou a funcionar, a matéria-prima era toda doada pelos donos das marcenarias, que viram na produção de briquetes a solução para a destinação do resíduo da atividade industrial. Contudo, poucos meses depois os mesmos fornecedores perceberam o potencial de consumo da biofábrica e começaram a vender os resíduos.

A viabilidade da produção de briquetes está, sobretudo, na logística (aquisição de matéria-prima e distribuição do produto acabado). Quanto ao processo de fabricação de briquetes é bem rústico, conforme o fluxograma a seguir (Figura 11.10).

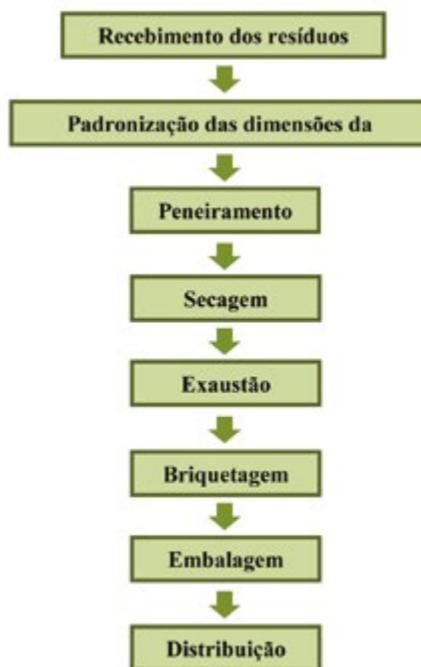


Figura 10.10 – Fluxograma do processo de produção de briquetes.

Fonte: Tavares (2013).

1º) Recepção dos resíduos no pátio e seleção daqueles que seguem direto para o peneiramento e dos que precisam ser triturados.



Figura 10.11 – Os resíduos são separados no pátio conforme o tipo.

Foto: Marília Estevão Tavares.

2º) Peneiramento do material homogêneo - o material composto apenas por serragem é transportado pela primeira moega (peça de formato espiralado cuja função é transportar a matéria-prima de uma máquina para outra) para ser peneirado, evitando que qualquer material estranho ao processo de fabricação de briquetes seja conduzido ao secador, danificando-o.



Figura 10.12 – Os resíduos são empurrados pela moega (no chão) para a peneira e o moinho através da tubulação verde.

Foto: Marília Estevão Tavares.

3º) Cominuição e peneiramento - o material composto por elementos de tamanhos e composições diferentes (resíduos agrícolas, restos de poda etc) é levado pela moega até o moinho ou picador de martelo para ser triturado, homogeneizado e peneirado.



Figura 10.13 – Detalhe da moega girando para conduzir os resíduos para a peneira.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figura 10.14 – Moinho de martelo.

Foto: Marília Estevão Tavares.

4º) Secagem – depois do peneiramento a biomassa cai na segunda moega que a transporta para o secador rotativo – um tambor de 1,8 m de diâmetro por 12 m de comprimento, que trabalha a velocidades variáveis, dependendo da umidade do material e com capacidade para secar 1.500 kg de resíduos por hora. O calor, de até 1000° C é gerado por um forno pirolítico alimentado continuamente pelos briquetes produzidos pela usina e também pelos resíduos segregados durante o peneiramento. O secador é equipado com um ímã para reter objetos de metal que por acaso tenham passado pela peneira. A movimentação da biomassa por seu interior é feito por pás que vão conduzindo a biomassa para o final do tambor, até o ciclone. Na velocidade máxima, o tempo entre a entrada e saída do material no secador, gira em torno de três minutos. A biomassa que entra no secador com umidade de até 50% vai para a exaustão com teor de água entre 8% e 10%. O teor de umidade ideal dos briquetes é de 8% (ROWELL, 1987 apud GENTIL, 2008).



Figura 10.15 – o resíduo moído é levado, através da tubulação verde, até o secador rotativo, alimentado pelo forno pirolítico (canto esq. da foto, assinalado com seta).

Foto: Marília Estevão Tavares.

5º) Exaustão – Na extremidade do secador fica localizado o ciclone, que tem a função tanto de levar o ar aquecido pela fornalha até a chaminé, como também de reduzir a temperatura da biomassa seca. Do exaustor a matéria-prima seca e ainda bem quente segue, através de uma esteira, para um silo seco, onde ficará armazenada até ser conduzida para briquetagem. A porta do silo é aberta pelo lado de fora para impedir que as partículas de matéria-prima secas fiquem em suspensão no interior da fábrica aumentando o risco de incêndio.



Figura 10.16 – O exaustor, localizado no final do secador rotativo.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figura 10.17 – Depósito de matéria seca que sai do exaustor.

Foto: Marília Estevão Tavares.

6º) Briquetagem – é na briquetadeira que ocorre o adensamento ligno-celulósico da matéria-prima, transformando-a em briquete. Trata-se de uma máquina equipada com um pistão de pressão a pulso. A matéria-prima seca é compactada a uma pressão média de 6 tf a 8 tf exercida por um pistão de 25 kg e tensão de 90 kg/cm² a 145 kg/cm², que fazem com que a temperatura do material chegue a 150° C provocando a plastificação da lignina – uma macromolécula presente em todos os vegetais. Uma vez aquecida a altas temperaturas, ela forma a liga que permite a aglomeração das partículas, transformando pó de resíduos vegetais em biocombustíveis sólidos

adensados. Os briquetes saem em linha, numa guia de 10 m de comprimento, ao final da qual estão com a temperatura em torno dos 60°, prontos para serem embalados.



Figuras 10.18 e 10.19 – Detalhes da briquetadeira.

À direita, a guia por onde saem os briquetes.

Foto: Marília Estevão Tavares.

7ª) Embalagem – A embalagem é feita logo no fim da guia por onde os briquetes saem. Na Leneco, apenas os briquetes grandes, em formato de troncos, são embalados em sacos de 5 kg e 20 kg, estocados em cima de um estrado para proteger os produtos da umidade do chão; os briquetes em forma de bolachas, são conduzidos, por esteira, para um silo externo instalado na parte de cima do galpão, com uma abertura na parte de baixo para facilitar o carregamento dos caminhões, feito direta e rapidamente, por gravidade. Os briquetes grandes, ensacados, são vendidos a R\$ 340,00 a tonelada; os briquetes em bolacha são vendidos a granel por R\$ 270,00 a tonelada.



Figura 10.20 – Embalagem de 5 kg para venda em supermercados.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figura 10.21 – Esteira para transportar briquetes em bolacha para o depósito externo. Ao fundo, briquetes embalados em sacos de 20 kg.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figura 10.22 – Briquetes fabricados em forma de bolacha.

Foto: Marília Estevão Tavares.

8º) Expedição e entrega – última etapa do processo de produção de briquete. No caso da Leneco, o carregamento do produto vendido a granel é feito com os caminhões estacionados embaixo do silo superior externo. Em poucos minutos os briquetes em bolacha enchem a carroceria, com economia de tempo e mão de obra. Já os briquetes vendidos em sacos são colocados manualmente nos caminhões estacionados no mesmo pátio onde é feita a entrega da matéria-prima.



Figura 10.23 – Silo externo superior com abertura no chão, para abastecer os caminhões estacionados embaixo.

Foto: Marília Estevão Tavares.

Ao final do processo produtivo, os resíduos entregues na fábrica úmidos, heterogêneos e com baixa densidade são transformados em biocombustíveis sólidos densos, livres de materiais estranhos e tóxicos e com as seguintes características físico-químicas:

Tabela 10.5 – Características físico-químicas do briquete da Leneco.

PARÂMETROS	LENECO	BRASIL
Densidade aparente	1,18 g/cm ³	de 1 t/m ³ a 1,4 t/m ³
Umidade máxima	9,7%	8% a 10%
Poder Calorífico Superior	4.235 kcal/kg	4.300 kcal/kg a 4.800 kcal/kg
Teor de voláteis (980°C)	68,25%	81%
Teor de cinzas (850°C)	1,82%	1,2%
Carbono fixo	30,10%	18,8%

Fonte: adaptada de Gentil (2008).

Atualmente a Leneco tem quatro clientes fixos. Um deles – uma cooperativa de produtores rurais – consome 70% da lenha ecológica produzida pela fábrica no beneficiamento de soja. O restante da produção é vendido em sacos de 30 kg a um hotel, uma panificadora, uma pizzaria e a uma lavanderia. A fábrica também atende a pedidos de oficinas de recauchutagem de pneus da região.

Ratificando Gentil (2008), os custos diretos mais impactantes no preço final dos briquetes produzidos pela Leneco são relacionados ao início e final da cadeia produtiva: os preços dos fretes da matéria-prima até o pátio da fábrica e os de entrega do produto final. É a própria empresa que faz a entrega aos clientes, num raio de até 180 km, apesar de esta distância ser considerada grande demais e onerar o produto. De acordo com o proprietário da usina, a distância máxima para garantir preços ainda competitivos ao briquete de madeira que ele produz é de 100 km.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: Aneel, 2008. 236 p. Disponível em < http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689>. Acesso em 14 ago. 2012.
- ALBANO, G. P.; SÁ, A. J. Vale do Açu: passagem do extrativismo da carnaúba para a monocultura de banana. **Revista de Geografia**, Recife, v. 26, n. 3, set/dez. 2000. Disponível em : <<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewPDFInterstitial/203/176>>. Acesso em: 08 ago. 2012.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2012**: ano base 2011. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 15 jul. 2012.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de resíduos sólidos**: versão preliminar para consulta pública. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/pnrs/documentos/consulta/versao_Preliminar_PNRS_WM.pdf>. Acesso em: 12 ago 2012.
- CÂMARA SETORIAL DA CARNAÚBA. **A carnaúba**: preservação e sustentabilidade. Manual. Fortaleza, 2009. Disponível em : <http://www.portaldacarnauba.org.br/producao_cientifica/producao_cientifica.xhtml>. Acesso em 12 ago 2012.
- CARASCHI, J. C.; GARCIA, D. P. A expansão do mercado de pellets de madeira. **Revista da Madeira**, n. 131, 2012. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1600&subject=Pellets&title=A%20expans%20do%20mercado%20de%20Pellets%20de%20Madeira>. Acesso em : 03 jul. 2012.
- CARDOSO A. S. et al. Vantagens comparativas e restrições comerciais : uma avaliação do comércio Brasil/Alemanha em 2001. **Revista Economia Contemporânea**. Rio de Janeiro, set/dez de 2005. p. 585-614. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rec/v9n3/v9n3a05.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2012.
- CARVALHO L. de A. et al. **Capim-elefante**: produção e utilização. Brasília: Embrapa; Coronel Pacheco: CNPGL, 1997.
- CARVALHO, F. P. A. de. **Eco-eficiência na produção de pó e cera de carnaúba no Município de Campo Maior (PI)**. 2005. 157 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- CARVALHO, J. B. de M. **Ensaio sobre a carnaubeira**. 2 ed. Natal: EMPARN, 1982.
- COSTA, L. G. A. Conjuntura agrícola: Rio Grande do Norte. In: CONAB (Brasil). **Agricultura e abastecimento alimentar**: políticas públicas e mercado agrícola. Brasília, 2009. p. 493–501.
- COUTO, L. et al. Produção de pellets de madeira: o caso da Bio Energy no Espírito Santo. **Revista Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, p 45–52. 2004.
- CRESCER presença de energia renováveis. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 132, p. 12–13, 2012.

DIAS, J. **Utilização da biomassa**: avaliação de resíduos e utilização de pellets em caldeiras domésticas. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. Disponível em: <<http://enersilva.navegantes.info/areasubir/articulos/Tesis%20Mestrado%20Joao%20Dias.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2012.

EMBRAPA. **Briquetagem e peletização de resíduos florestais**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2012. Folder.

FEISTEL P. R.; HIDALGO A. B. Mudanças na estrutura do comércio exterior brasileiro: a questão das vantagens comparativas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 38. 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPEC, 2010. Disponível em <<http://www.anpec.org.br/encontro2010/inscricao/arquivos/000-33ea5e3b1f03f4c7112692790ad10e9a.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. 2008. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília.

HALL, D. O. et al. Visão geral de energia e biomassa. In: ROSILLO–CALLE et al.

Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira. Campinas: UNICAMP, 2005. p. 25–67.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 set. 2011.

KAREKESI, S. et al. Traditional Biomass Energy: improving its use and moving to modern energy use. In: INTERNATIONAL CONFERENCE FOR RENEWABLE ENERGIES, 2004, Bonn. **Papers...** Bonn, 2004.

LIMA, G. **Cenário sobre o pó e a cera de carnaúba – período**: novembro/2011. Fortaleza: Conab, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_11_29_10_29_54_conjuntura_sobre_carnauba_2011_-_ceara.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2012.

MOURA, D. **Cera de carnaúba**: proposta de preço mínimo safra 2006/2007. Natal: Conab, 2007.

MOURA, F. **Análise econômica da atividade extrativista da carnaúba no Município de Carnaubais, RN**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Econômicas) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Açu.

NOGUEIRA, L. A. H. **Bioenergias e sustentabilidade**: nexos e métodos. São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, C. M. de. **Wood pellets Brasil**. Curitiba: Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa, 2012. Disponível em: <http://media.wix.com/ugd//09c803_24ea825b8184644b715809e41b68642c.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2012.

QUIRINO, W. F. Briquetagem de resíduos ligno-celulósicos. **Circular Técnica do LPF**. v.1, n. 2., 1991.

RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYNE, F. G. C. A questão energética. In: GARIGLIO et al. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010, p. 65-75.

ROSSILO-CALLE, F. Uma breve análise do potencial da biomassa no Brasil. **Revista Biomassa & Energia**, v.1, n. 3, p. 225-236, 2004.

SERRANO, D. M. C. **Avaliação do potencial de produção e exportação de pellets combustível no polo florestal da região sul do Brasil**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000471207>>. Acesso em: 13 dez. 2012.

TAVARES, S. R. de L.; SANTOS, T. E. dos. **Potencial de uso de biomassa vegetal para a produção de briquetes na região do baixo-açu no Rio Grande do Norte**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 7; BIOTECH FAIR, 5., 2012, São Paulo.

TAVARES M. A. M. E. **Estudo da viabilidade da produção de briquete e seus possíveis impactos sobre o meio ambiente e o mercado de trabalho da região do Baixo-Açu, RN**. 2013. 245 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. In: **Papel e celulose**. [Brasília], 2011. BNDES – Setorial 33. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3308.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2012.

Estudo da Viabilidade da Instalação de duas Fábricas de Briquete na Região do Baixo-Açu

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

Sílvio Roberto de Lucena Tavares

Ivan Targino Moreira

11.1 Objetos da análise de viabilidade econômico-financeira

11.2 Investimentos em capital fixo e capital de giro

11.3 Custos de produção e fluxos de caixa

11.4 Metodologias da análise de viabilidade econômico-financeira

11.5 Resultados

11.6 Conclusão

RESUMO

A construção de uma fábrica-escola de briquetes no Campus Ipanguaçu do Instituto Federal de Educação do Rio Grande do Norte (IFRN) tornou possível a realização de um estudo de viabilidade econômico-financeira da produção deste combustível em escala comercial na região do Baixo-Açu. O estudo comprovou que o empreendimento é viável dentro dos critérios estabelecidos para três das principais ferramentas de análise de planos de negócio utilizadas por organizações de fomento ao desenvolvimento regional: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback*.

11.1 Objetos da análise de viabilidade econômico-financeira

A proposta de investimento aqui analisada é da instalação de duas unidades de produção de briquetes à base de palha de carnaúba e/ou capim-elefante, com capacidade de produção de 400 toneladas/mês de briquetes, operando em dois turnos, seis dias na semana, com sete funcionários, além do proprietário.

A primeira fábrica é real; está sendo instalada no *Campus* Ipanguaçu do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), com o objetivo de estimular a formação de um *cluster* voltado à produção de lenha ecológica (briquete) para atender sobretudo às indústrias que compõem o polo ceramista do Baixo-Açu, gerando ocupação e renda tanto para os extrativistas do pó cerífero da palha de carnaúba quanto para os agricultores da região.

Além de produzir os briquetes, a fábrica servirá de laboratório em escala real para pesquisa de outros materiais que possam compor *blends* diferentes de briquetes e de novas tecnologias de produção deste combustível. Denominamos, neste estudo, esta unidade fabril de fábrica-escola (Figura 11.1).



Figura 11.1 – Fábrica-escola de briquetes em construção no *Campus* Ipanguaçu do IFRN, dezembro de 2012.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figura 11.2 – Instalação das máquinas da fábrica-escola. Dezembro de 2012.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figura 11.3 – Sede administrativa da fábrica-escola.

Foto: Marília Estevão Tavares.



Figura 11.4 – *Campus Ipangaçu do IFRN.*

Foto: Marília Estevão Tavares.

Por ser um projeto piloto, com caráter educacional, de desenvolvimento de pesquisas na área de biocombustíveis adensados e por ter sido construída com recursos de um programa financiado por uma empresa estatal, a fábrica-escola possui algumas peculiaridades que impactam o seu fluxo de caixa, negativamente. Esses impactos reduzem seu grau de viabilidade econômica, exigindo uma imobilização de capital maior do que o estritamente necessário para uma fábrica de briquetes comum funcionar.

Assim, nesse capítulo será analisada a viabilidade econômico-financeira de uma fábrica de briquetes privada, com idêntica capacidade de produção da fábrica-escola, apenas com um projeto de engenharia mais enxuto, executado em um local menos valorizado e sem necessidade de intervenções físicas no terreno. Esta segunda unidade fabril será denominada fábrica x, para diferenciá-la da primeira.

Para embasar o estudo de viabilidade econômica da instalação de uma usina de briquetagem na região do Baixo-Açu, utilizamos como parâmetro a fábrica Leneco (ver capítulo 10 deste livro), instalada às margens da BR 277, no Município de Capitão Leônidas Marques, no noroeste do Estado do Paraná, a 557 km da capital

Curitiba (Figura 8.5). A visita foi realizada nos dias 16, 17 e 18 de novembro de 2011, durante os quais o proprietário da empresa, Sr. Luís Carlos Vieira, repassou as informações técnicas e financeiras de sua fábrica relativas aos seus três anos de funcionamento.

A Leneco funciona há cinco anos em um galpão de 1000m², erguido em um terreno de 12 mil m², cedido pela prefeitura do município; tem capacidade para produzir 22 toneladas/dia e cerca de 400 toneladas/mês de briquete, com 10 funcionários, que se revezam numa jornada de 16 horas, divididas em dois turnos, durante seis dias da semana.

O motivo de esta fábrica ter sido escolhida como parâmetro é o fato de ela possuir os mesmos equipamentos e a mesma estrutura que se está montando na biofábrica de Ipanguaçu. Por isso, antes de se adentrar nos aspectos da viabilidade dos dois empreendimentos acima, há que se considerar as peculiaridades econômicas, geográficas e climáticas a que estão submetidas a fábrica do Paraná, diametralmente diferentes das condições de instalação da fábrica-escola e da fábrica x, instaladas em pleno semiárido potiguar.



Figura 11.5 – Fachada da fábrica Leneco (nov. de 2011).

Foto: Marília Estevão Tavares.

Algumas adaptações no processo produtivo foram feitas de modo a torná-lo viável para os dois tipos de empreendimento que se pretende analisar e comparar. As diferenças mais relevantes entre os dois processos de produção são:

- a) A fábrica do Paraná utiliza como matéria-prima principal de seus briquetes a serragem comprada das inúmeras serrarias que compõem o polo moveleiro da região. No Baixo-Açu, em vez de serragem, 80% da matéria-prima da usina potiguar a ser utilizada na briquetagem é a palha da carnaúba – resíduo da produção de pó cerífero, utilizado na

fabricação da cera de carnaúba (ver capítulo 10). O pó cerífero é extraído na microrregião do Vale do Açu. Portanto, os resíduos que serão usados como matérias-primas principais dos briquetes estão disponíveis num raio de 30 km a 150 km da fábrica-escola. As biomassas complementares são o capim-elefante e os restos de podas urbanas e da fruticultura irrigada. Como o fornecimento dos restos de podas depende de parcerias com as prefeituras da região e das empresas agrícolas, ele não está sendo considerado nesse estudo. Portanto, considera-se apenas o capim-elefante como matéria-prima secundária a ser usada numa proporção de 20% para 80% de baganas de carnaúba no *blend* do briquete. Esta opção visa a uma projeção de custo de produção mais alta para que se tenha uma análise mais conservadora e segura do investimento. Em condições ideais deve-se usar a maior quantidade possível de palha de carnaúba e de outras biomassas mais baratas do que o capim-elefante plantado para produzir o briquete pelo menor preço possível, porém com sustentabilidade.

- b) Como a palha de carnaúba é disponibilizada com baixo teor de umidade, não precisará passar pelo secador rotativo. Não precisará também ser cominuída, pois a granulometria com que é entregue permite a briquetagem direta. O moinho só seria utilizado para redução das granulometrias do capim-elefante e das eventuais podas de árvores urbanas e frutíferas. A redução da operação de secagem e de cominuição da matéria-prima significam uma economia superior a 50%no consumo de energia elétrica em relação à fábrica paranaense, o que é extremamente relevante, haja vista que a operação de secagem representa 78,62% do total de energia de todo o processo fabril.
- c) Apesar de ser ideal para o carregamento dos briquetes vendidos a granel, por questões de orçamento, nem a esteira transportadora nem o silo superior externo (Figuras 10.21 e 10.23 do capítulo 10) constam do projeto inicial da fábrica-escola de Ipanguaçu, podendo ser incluídos num outro momento do empreendimento.
- d) Diferentemente da realidade em que está inserida a Fábrica Leneco, no Paraná, que entrega seus produtos a até 150 km de distância, as fábricas de Ipanguaçu dispõem de compradores em potencial do briquete na própria vizinhança. Somente as indústrias de cerâmica vermelha da região compõem um mercado consumidor 17 vezes maior do que a capacidade de produção da biofábrica. Consequentemente, a maior distância a ser percorrida pelo caminhão de entrega da biofábrica seria de 32 km, até o Município de Pendências.

Para analisar a viabilidade econômico-financeira da instalação de uma fábrica de briquetes na região do Baixo-Açu são considerados os dados relativos aos investimentos feitos na sua instalação e às expectativas de entradas e saídas que compõem o fluxo de caixa do futuro empreendimento.

11.2 Investimentos em capital fixo e capital de giro

De acordo com Chiavenato (2008), o capital de uma empresa pode ser classificado em dois tipos, quanto à sua utilização: o capital fixo e o capital de giro, também chamado de capital circulante.

O capital fixo é composto por elementos com caráter de permanência superior a um ano, que não desaparece num único ciclo de exploração. Excetuando-se as aplicações financeiras de médio e longo prazos, não sujeitas a amortizações, em geral – e ao contrário do capital circulante – o capital fixo de uma entidade vai desaparecendo contabilmente à medida que lhe vão sendo aplicadas taxas de depreciação como forma de traduzir o normal desgaste resultante do decorrer do tempo.

Além dos investimentos financeiros, o capital fixo engloba três tipos de imobilizações: corpóreas (ex: terrenos, edifícios, equipamentos básicos, de transporte e administrativos, ferramentas e utensílios etc); incorpóreas (ex: despesas com instalação, com planos de negócios, projetos, direitos de propriedade industrial etc) e imobilizações em curso (ex: obras e adiantamentos relativos a elementos do ativo fixo ainda não completamente executados).

Quanto ao capital de giro, ele representa o *quantum* de dinheiro de que a empresa necessita para movimentar os negócios. Envolve as chamadas contas circulantes da empresa, incluindo os ativos circulantes (ex: caixa, títulos negociáveis, duplicatas a receber e estoques) e passivos circulantes (ex: duplicatas e títulos a pagar, além de despesas provisionadas a pagar, como salários, contas e juros a pagar).

Como se destinam a cobrir as despesas cotidianas da empresa, os investimentos de capital de giro são sempre efetuados em curto prazo, em um exercício social, que na maioria das empresas corresponde a um ano (CHIAVENATO, 2008)

Chiavenato (2008) subdivide o capital de giro em dois grupos:

- a) Capital de giro bruto – constituído pelos seguintes itens: disponibilidades financeiras (em caixas e em bancos); investimentos temporários; contas a receber e estoque (de matérias-primas e produtos acabados);

- b) Capital de giro líquido – compreende a parte do capital de giro livre de compromissos de curto prazo.

A administração do capital de giro é tão melhor quanto mais ela conseguir garantir um bom nível de capital circulante líquido (CHIAVENATO, 1980).

11.2.1 Investimentos de capital fixo da fábrica-escola

Todos os investimentos em capital fixo da biofábrica (Tabela 11.1) de Ipangaçu foram feitos pelo Programa Petrobras Ambiental. Logo, os valores apresentados são os que foram efetivamente gastos, não sendo necessário fazer estimativas.

Os investimentos em capital de giro (Tabela 11.2) são de responsabilidade da empresa que vencer o processo seletivo para incubação no IFRN. Eles foram estimados de acordo com informações sobre o processo de produção da Leneco, dos valores de salários e outros custos na própria região e suficientes para cobrir dois meses de funcionamento da usina. No capital de giro estão incluídos também a depreciação das máquinas e o pagamento de *royalties* ao Instituto Federal como contrapartida pelo uso de suas instalações e pelos investimentos feitos pela Instituição na fábrica.

Também não poderia faltar no investimento em capital de giro a provisão para compra de biomassa tanto para a produção dos briquetes em si como para uso como combustível no processo de secagem (Quadro 11.1). Nesse estudo, a quantidade de biomassa necessária foi estimada de forma extremamente conservadora de forma a estudar a viabilidade do empreendimento nos piores cenários de desperdício e de uso no forno. Assim, a quantidade total de biomassa suficiente para produzir 400 toneladas/mês de briquetes foi calculada em 560 toneladas de biomassa. Das 160 toneladas excedentes, 80 t (20%) servirão como combustível no forno pirolítico que gerará calor para o secador rotativo; as outras 80t (20%) são computadas como perdas durante o processo produtivo.

Como o mercado de venda de palha de carnaúba não existe na região, foram definidos cinco cenários nos quais a tonelada da matéria-prima é vendida a R\$ 15,00, R\$ 20,00, R\$ 25,00, R\$ 30,00 e R\$ 35,00, valores esses que estão dentro dos intervalos de preços pagos por resíduos vegetais para os mais diversos fins no Brasil de uma forma geral, inclusive no Estado.

Já o preço do capim-elefante foi estimado em R\$ 80,00, tomando como base a produtividade da gramínea cultivada com manejo adequado e irrigação. Como o preço do capim-elefante é fixo, a cada variação do preço da palha de carnaúba, o

custo com matéria-prima se altera, impactando o investimento em capital de giro conforme ilustra o quadro abaixo:

Quadro 11.1 – Custo de aquisição de matéria-prima.

QUANTIDADE DE MATÉRIA-PRIMA = 6.720 T/ANO	
• 5.376 t de palha de carnaúba (80%)	
• 1.344 t de capim-elefante (20%)	
➤ Custo 1 (palha a R\$ 15,00/t e capim a R\$ 80,00/t)	R\$ 39,20/t
➤ Custo 2 (palha a R\$ 20,00/t e capim a R\$ 80,00/t)	R\$ 44,80/t
➤ Custo 3 (palha a R\$ 25,00/t e capim a R\$ 80,00/t)	R\$ 50,40/t
➤ Custo 4 (palha a R\$ 30,00/t e capim a R\$ 80,00/t)	R\$ 56,00/t
➤ Custo 5 (palha a R\$ 35,00/t e capim a R\$ 80,00/t)	R\$ 61,60/t

Fonte: Tavares (2013).

Foram estabelecidos também cinco preços de venda do produto ao consumidor: R\$ 250,00, R\$ 275,00, R\$ 300,00, R\$ 325,00 e R\$ 350,00, baseados nos preços mais comuns encontrados para a tonelada do produto no Rio Grande do Norte e em outros estados do País.

O objetivo do estabelecimento dos cenários diferentes para compra da palha de carnaúba e venda do produto foi obter matrizes de dados com valores de matéria-prima e de briquete dentro da faixa de preços praticados dentro e fora do Estado, visando à obtenção de modelos de regressões lineares para modelar e investigar a relação entre estas variáveis (compra e venda) e o resultado financeiro do empreendimento. Desta maneira, é possível obter previsões sobre o comportamento financeiro em qualquer cenário de compra da matéria-prima (biomassa) e venda do produto (briquete).

Tabela 11.1 – Investimentos em capital fixo e de giro da fábrica-escola.

INVESTIMENTOS	VALOR
Terreno de 1.600 m ²	50.000,00
Aterro do terreno	33.328,00
Construção do galpão de 900 m ²	338.000,00
Escritório de 132 m ²	66.000,00
Bases de concreto das máquinas	112.000,00
Máquinas*	745.100,00
Frete das máquinas	42.000,00
Montagem industrial + teste	30.000,00
Instalação elétrica industrial	65.521,00
Equipamentos, móveis e utensílios para escritório	6.600,00
Plano de negócios	10.000,00
Projeto de engenharia	5.000,00
Projeto elétrico	5.000,00
Despesas com abertura de empresa	2.000,00
Capital de giro (2 meses)	de 156.117,16 (palha a R\$ 15,00/t e briquete a R\$ 250,00) a 183.253,16 (palha a R\$ 35,00/t e briquete a R\$ 350/t)
INVESTIMENTO TOTAL	de R\$ 1.666.666,16 a R\$ 1.693.802,16

Fonte: Tavares (2013).

Tabela 11.2 – Composição do capital de giro da fábrica-escola (R\$/mês).

ITENS	VALORES
1 – Despesas administrativas	20.107,33
Manutenção	5.000,00
Energia, água e telefone	2.500,00
Internet	70,00
Seguro	325,00
Material de escritório	200,00
Viagens e treinamentos	200,00
Royalties IFRN	3.104,00
Depreciação	6.208,33
Pró-labore diretor	2.500,00
2 – Equipe própria e terceirizado	9.411,25
3 – Matéria-prima*	15.680,00 a 24.640,00
4 – Frete	24.000,00
5 – Impostos**	8.860,00 a 13.468,00
TOTAL	de 78.058,58 a 91.626,58

Nota: (*) em função do preço da tonelada de palha de carnaúba; (**) em função do preço de venda do briquete, que impacta o faturamento bruto.

Fonte: Tavares (2013).

11.2.2 Investimentos em capital fixo e capital de giro na fábrica de briquetes x

No projeto da fábrica x, alguns investimentos de capital fixo (Tabela 12.3) foram reduzidos, como terreno para instalação da planta industrial: o terreno da fábrica-escola pertence à União e foi avaliado em R\$ 50 mil. Está localizado dentro do *Campus* Ipangaçu do IFRN, à margem da RN-118, numa área valorizada pela proximidade da BR-304. Por causa das condições constitutivas do solo, foi necessário aterrál-lo, encarecendo o empreendimento em mais de R\$ 30 mil. Contudo, é possível encontrar na região terrenos das mesmas dimensões, mais desvalorizados, sem necessidade de aterro, por valores em torno de R\$ 10 mil.

Outro custo reduzido substancialmente é o de construção do galpão: na fábrica-escola ele possui um vão livre de 20 m, que exige uma estrutura para sustentação da cobertura (tesouras) maior do que se houvesse pilares para dividir o peso do teto, gerando uma economia de até 30%.

A fábrica-escola possui o setor administrativo fora do galpão, instalado numa casa de 132 m², construída num terreno ao lado para outros fins do Instituto Federal, mas que acabou incorporada ao novo empreendimento. A construção foi avaliada pelo Instituto em R\$ 66 mil, outro custo que foi retirado do projeto da fábrica x. Seguindo o exemplo da Leneco, no Paraná, o setor administrativo poderia ser instalado num setor do galpão, ocupando uma área de aproximadamente 50 m² e incluído nos custos de construção do mesmo.

Devido à existência de um mercado comprador, com potencial para absorver até 21 fábricas de igual porte aos empreendimentos aqui analisados, admitiu-se um capital de giro para um mês e não para dois meses, conforme o estipulado para a fábrica-escola, com o objetivo de reduzir, ao máximo, os investimentos em capital (Tabela 11.3). Do capital de giro foi retirado também o gasto com o pagamento de *royalties* ao IFRN que diz respeito somente à fábrica-escola (Tabela 11.4).

Tabela 11.3 – Investimentos em capital fixo e de giro - fábrica x.

INVESTIMENTOS	VALORES
Terreno de 1.600 m ²	10.000,00
Construção do galpão de 900 m ²	236.600,00
Bases de concreto das máquinas	112.000,00
Máquinas	745.100,00
Frete das máquinas	42.000,00
Montagem industrial + teste	30.000,00
Instalação elétrica industrial	65.521,00
Equipamentos, móveis e utensílios para escritório	6.600,00
Plano de negócios	10.000,00
Projeto de engenharia	5.000,00
Projeto elétrico	5.000,00
Despesas com abertura de empresa	2.000,00
Capital de giro (1 mês)*	de R\$ 74.954,58 (palha a R\$ 15,00/t e venda do briquete a R\$ 250,00) a 88.522,5 (palha a R\$ 35,00/t e venda do briquete a R\$ 350/t)
INVESTIMENTO TOTAL	de R\$ 1.344.775,58 a R\$ 1.358.353,58

Nota: foram subtraídos R\$ 3.104,00 relativos aos royalties que a empresa incubada que irá gerenciar a fábrica-escola irá pagar ao IFRN.
Fonte: Tavares (2013).

Tabela 11.4 – Composição do capital de giro da fábrica x (R\$/mês).

ITENS	VALORES
1 – Despesas administrativas	20.107,33
Manutenção	5.000,00
Energia, água e telefone	2.500,00
Internet	70,00
Seguro	325,00
Material de escritório	200,00
Viagens e treinamentos	200,00
Depreciação	6.208,33
Pró-labore diretor	2.500,00
2 – Equipe própria e terceirizado	9.411,25
3 – Matéria-prima*	15.680,00 a 24.640,00
4 – Frete	24.000,00
5 – Impostos**	8.860,00 a 13.468,00
TOTAL	de 74.954,58 a 88.522,58

Nota: (*) em função do preço da tonelada de palha de carnaúba; (**) em função do preço de venda do briquete, que impacta o faturamento bruto.

Fonte: Tavares (2013).

11.3 Custos de produção e fluxo de caixa

Os ativos circulantes que fazem parte do capital fixo da empresa giram até se transformarem em dinheiro, num ciclo de operações que varia de uma empresa para outra, dependendo da natureza de seus negócios. A esse ciclo dá-se o nome de ciclo de caixa. Para se fazer as previsões e o controle de gastos utiliza-se o fluxo de caixa, uma ferramenta usada para o controle financeiro das firmas (CHIAVENATO, 2007).

O fluxo de caixa permite visualizar todas as entradas e saídas de valores, em um dado período de uma organização. Ele é composto pelos dados obtidos dos controles de contas a pagar, a receber, de vendas, de despesas, de saldos de aplicações, além de todos os outros elementos que representem as movimentações financeiras da firma, permitindo à empresa planejar melhor suas ações futuras ou acompanhar o seu desempenho.

Como entradas no fluxo de caixa de uma fábrica compreendem-se as receitas obtidas com as vendas dos produtos fabricados por ela, os empréstimos bancários, o capital dos sócios e todos os outros valores que vierem a se somar aos ativos circulantes da empresa; são classificadas como saídas no fluxo de caixa os pagamentos a fornecedores, salários e encargos dos funcionários, impostos, gastos com matéria-prima e insumos, impostos etc (CHIAVENATO, 2007).

Para serem viáveis economicamente as firmas precisam maximizar seus resultados na atividade produtiva. Isso pode acontecer de duas formas: através da maximização da produção para um dado custo total ou através da minimização do custo total para uma dada produção. Assim sendo os Custos Totais de Produção (CT) formam o conjunto das despesas realizadas pela empresa para produzir uma determinada quantidade de produtos. Esses custos são divididos em Custos Fixos Totais (CFT) e Custos Variáveis Totais (CVT).

$$CT = CFT + CVT \quad [1]$$

Para que o administrador de uma empresa possa calcular o preço de venda de um produto ou serviço é fundamental que ele calcule o seu Custo Total Unitário (CTU). A partir dele será definida a margem de lucro que será aplicada e, conseqüentemente o preço de venda do produto. O CTU consiste na razão entre o Custo Total de Produção e a quantidade produzida de um bem (Q).

$$CTU = CT/Q \quad [2]$$

Os CFTs são aqueles com os quais a empresa deve arcar para funcionar, independentemente da produção (ex: aluguéis, salários, etc). Os Custos Fixos Totais equivalem à diferença entre os Custos Totais e os Custos Variáveis Totais.

$$CFT = CT - CVT \quad [3]$$

Para saber o quanto cada unidade produzida deve contribuir para pagamento de todos os custos fixos da empresa, é necessário calcular o Custo Fixo Unitário do produto, que é a razão entre os Custos Fixos Totais e a quantidade produzida de bens produzida.

$$CFU = CFT/Q \quad [4]$$

Os CVTs compõem a parcela dos custos totais que estão intimamente ligados à produção e que, por isso, variam conforme o volume produzido. Equivalem à diferença entre os Custos Totais de Produção e os Custos Fixos Totais.

$$CVT = CT - CFC \quad [5]$$

Para saber o quanto cada unidade produzida contribui para a formação de todos os custos variáveis da empresa, é necessário calcular o Custo Variável Unitário do produto, que é a razão entre os Custos Variáveis Totais e a quantidade produzida de bens.

$$CVU = CVT/Q \quad [6]$$

11.3.1 Custos de produção da fábrica-escola de briquetes

O Custo Fixo Total da fábrica-escola foi estimado em R\$ 23.020,74; o Custo Variável Total ficou entre R\$ 55.037,84 e 68.605,84, dependendo dos preços da matéria-prima e dos impostos; o Custo Total Unitário ficou entre R\$ 195,14 e R\$ 229,06 devido às variações do CVT (Tabela 11.5).

As pesquisas de campo realizadas na região do Baixo-Açu, a consulta à literatura disponível sobre briquetagem (GENTIL, 2008; SERRANO, 2009; EMBRAPA AGROENERGIA, 2012; ROSSILO-CALLE, 2004) e o processamento dos 25 tratamentos dos fluxos de caixa comprovaram que o custo do transporte da matéria-prima e do produto acabado é o que tem o maior peso isoladamente na composição de preços dos biocombustíveis adensados. No caso da fábrica-escola de Ipangaçu, ele representa em média 28,38% (a categoria despesas administrativas participa com 34,89 % porque nela estão incluídos todos os outros gastos da fábrica).

O custo do transporte de matéria-prima e de briquetes para distâncias de 0 a 50 km foi calculado, conservadoramente, em R\$ 30,00, tomando como base o valor estipulado para o frete de farelo a granel da Secretaria da Receita Pública do Estado do Mato Grosso (2011) e dos preços de frete praticados na região. De modo que se estima um gasto de R\$ 60,00 com o transporte da tonelada da matéria-prima para a fábrica, e da tonelada do produto acabado da fábrica ao consumidor.

Tabela 11.5 – Custos fixos e variáveis mensais da fábrica-escola.¹⁷

CUSTOS FIXOS		CUSTOS VARIÁVEIS	
Manutenção	R\$ 5.000,00	Frete	R\$ 24.000,00
Seguro	R\$ 325,00	Impostos*	R\$ 8.860,00 (venda a R\$ 250,00/t) R\$ 9.845,00 (venda a R\$ 275,00/t) R\$ 10.740,00 (venda a R\$ 300,00/t) R\$ 12.389,00 (venda a R\$ 325,00/t) R\$ 13.468,00 (venda a R\$ 350,00/t)
Energia, água e telefone	R\$ 2.500,00		
Internet	R\$ 70,00		
Material de escritório	R\$ 200,00		
Viagens e treinamentos	R\$ 200,00	Matéria-prima	R\$ 15.680,00 (palha a R\$ 39,20/t) R\$ 17.920,00 (palha a R\$ 44,80/t) R\$ 20.160,00 (palha a R\$ 50,40/t) R\$ 22.400,0 (palha a R\$ 56,00/t) R\$ 24.640,00 (palha a R\$ 61,60/t)
Depreciação	R\$ 6.208,33		
Royalties	R\$ 3.104,00		
Pró labore diretor	R\$ 2.500,00		
Mão de obra administrativa (incluindo terceirizado)	R\$ 2.913,41	Mão de obra fabril	R\$ 6.497,84
TOTAL	R\$ 23.020,74	TOTAL **	R\$ 55.037,84 a R\$ 68.605,84
CFU	R\$ 57,55	CVU	R\$ 137,59 a R\$ 171,61
		CUSTOS TOTAIS =	R\$ 78.058,58 a R\$ 91.626,58
		CUSTO TOTAL UNITÁRIO (t) =	R\$ 195,14 A R\$ 229,06

Nota: (*) Alíquotas do Simples sobre o faturamento de 8,86%, 9,85%, 9,53% e 9,62%. (**) Custo Variável Total com o menor imposto e menor valor de matéria-prima e com maior imposto e maior valor de matéria-prima.

Fonte: Tavares (2013).

¹⁷ Neste estudo está-se considerando uma produção constante de 400 t/mês. de briquetes, à qual corresponde uma despesa média mensal de R\$ 2.450,00 de água e energia. Por isso, apesar de serem normalmente classificados como custos variáveis, os gastos com esses dois insumos foram aqui incluídos entre os custos fixos, juntamente com as despesas de telefone, totalizando R\$ 2.500,00. Já as despesas com matéria-prima e mão-de-obra fabril são classificadas como custos variáveis, porém nesse estudo está-se pressupondo uma produção constante, o que dá a essas despesas um caráter de custo fixo.

Além do frete, outro custo importante é o de aquisição da matéria-prima que participa em média com 23,70% do total de custos da fábrica, mas podendo ultrapassar 28% dependendo do preço de venda da palha de carnaúba, mantendo-se o preço do capim-elefante constante.

O peso de cada uma das despesas no custo total de produção de briquetes na fábrica instalada no *Campus Ipanguaçu* do IFRN está discriminado na Tabela 11.6, que contém um resumo do fluxo de caixa dos 25 tratamentos elaborados a partir dos cinco cenários definidos para preço da tonelada de matéria-prima e preço de venda da tonelada do produto acabado.

Ao se observar as colunas com a participação percentual de cada um dos custos de produção dividida em cinco subgrupos, pode-se comprovar que, intergrupalmente, a cada elevação do preço da matéria-prima (tratamentos 1, 6, 11, 16 e 21) o peso das demais despesas diminui. Porém, intragrupalmente percebe-se o aumento da participação dos impostos sobre o faturamento (ex: tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5).

A rubrica “despesas administrativas” apresenta uma maior participação em relação aos custos totais, por nela estar incluída uma série de custos (despesas administrativas propriamente ditas, salários e gastos com pessoal terceirizado). Assim sendo, tomados isoladamente, os maiores custos da produção de briquetes são os de transporte da matéria-prima e do produto acabado (frete), que vai de 26,19% a 30,75%, e o de aquisição da matéria-prima, que chega a 28,32% no tratamento 21.

Tabela 11.6 – Fluxos de caixa da fábrica-escola de Ipanguaçu.

Nº	TRATAMENTO		RECEITA BRUTA	CUSTOS TOTAIS	LUCRO LÍQUIDO	CUSTOS ABSOLUTOS ANUAIS				CUSTOS RELATIVOS ANUAIS				OBS
	R\$	R\$				R\$		%						
						COMPRAS	VENDAS	BIOMASSA	FRETE	ADM	IMPOSTO	BIOMASSA	FRETE	
1	39,20	250,00	1.200.000,00	936.703,04	264.376,96	188.160,00	288.000,00	354.233,04	106.320,00	20,09	30,75	37,82	11,35	100,00
2	39,20	275,00	1.320.000,00	948.523,04	371.476,96	188.160,00	288.000,00	354.223,04	118.140,00	19,84	30,36	37,34	12,46	100,00
3	39,20	300,00	1.440.000,00	959.263,04	480.739,96	188.160,00	288.000,00	354.223,04	128.880,00	19,62	30,02	36,93	13,44	100,00
4	39,20	325,00	1.560.000,00	979.051,04	580.948,96	188.160,00	288.000,00	354.223,04	148.668,00	19,22	29,42	39,18	15,18	100,00
5	39,20	350,00	1.680.000,00	991.985,34	688.014,66	188.160,00	288.000,00	354.223,04	161.616,00	18,97	29,03	35,71	16,29	100,00
6	44,80	250,00	1.200.000,00	963.583,04	236.416,96	215.040,00	288.000,00	354.223,04	160.320,00	22,32	29,89	36,76	11,03	100,00
7	44,80	275,00	1.320.000,00	975.403,04	344.596,96	215.040,00	288.000,00	354.223,04	118.140,00	22,05	29,53	36,32	12,11	100,00
8	44,80	300,00	1.440.000,00	986.143,04	453.856,96	215.040,00	288.000,00	354.223,04	128.880,00	21,81	29,20	35,92	13,07	100,00
9	44,80	325,00	1.560.000,00	1.005.931,04	554.068,96	215.040,00	288.000,00	354.223,04	148.668,00	21,38	28,63	35,21	14,78	100,00
10	44,80	350,00	1.680.000,00	1.018.879,04	661.120,96	215.040,00	288.000,00	354.223,04	161.616,00	21,11	28,27	34,77	15,86	100,00
11	50,40	250,00	1.200.000,00	990.463,04	209.536,96	241.920,00	288.000,00	354.223,04	106.320,00	24,42	29,08	35,76	10,73	100,00
12	50,40	275,00	1.320.000,00	1.002.283,04	317.716,96	241.920,00	288.000,00	354.223,04	118.140,00	24,14	28,73	35,34	11,79	100,00
13	50,40	300,00	1.440.000,00	1.013.023,04	426.936,96	241.920,00	288.000,00	354.223,04	128.880,00	23,88	28,43	34,97	12,71	100,00
14	50,40	325,00	1.560.000,00	1.032.799,64	527.200,36	241.920,00	288.000,00	354.223,04	148.668,00	23,42	27,89	34,30	14,39	100,00
15	50,40	350,00	1.680.000,00	1.045.759,04	634.240,96	241.920,00	288.000,00	354.223,04	161.616,00	23,13	27,54	33,87	15,45	100,00

Tabela 11.6 – Fluxos de caixa da fábrica-escola de Ipangaçu (continuação)

Nº	TRATAMENTO		RECEITA BRUTA	CUSTOS TOTAIS	LUCRO LÍQUIDO	CUSTOS ABSOLUTOS ANUAIS				CUSTOS RELATIVOS ANUAIS				OBS	
	COMPRA	VENDA				R\$				%					
						R\$	R\$	R\$	R\$	BIOMASSA	FRETE	ADM	IMPOSTO		BIOMASSA
16	56,00	250,00	1.200.000,00	1.017.343,04	182.656,96	268.800,00	288.000,00	354.223,04	106.320,00	26,42	28,31	34,82	10,45	100,00	
17	56,00	275,00	1.320.000,00	1.029.163,04	290.836,96	268.800,00	288.000,00	354.233,04	118.140,00	26,12	27,98	34,42	11,48	100,00	
18	56,00	300,00	1.440.000,00	1.039.903,04	400.096,96	268.800,00	288.000,00	354.223,04	128.880,00	25,85	27,69	34,06	12,39	100,00	
19	56,00	325,00	1.560.000,00	1.059.691,04	500.308,96	268.800,00	288.000,00	354.223,04	148.668,00	25,37	27,18	33,43	14,03	100,00	
20	56,00	350,00	1.680.000,00	1.072.639,04	607.360,96	268.800,00	288.000,00	354.223,04	161.616,00	25,06	26,85	33,02	15,07	100,00	
21	61,60	250,00	1.200.000,00	1.044.233,04	156.856,96	295.680,00	288.000,00	354.223,04	106.320,00	28,32	27,58	33,92	10,18	100,00	
22	61,60	275,00	1.320.000,00	1.056.043,04	263.956,96	295.680,00	288.000,00	354.223,04	118.140,00	28,00	27,27	33,54	11,19	100,00	
23	61,60	300,00	1.440.000,00	1.066.783,04	373.216,96	295.680,00	288.000,00	354.223,04	128.880,00	27,72	27,00	33,20	12,08	100,00	
24	61,60	325,00	1.560.000,00	1.086.571,04	473.428,96	295.680,00	288.000,00	354.223,04	148.668,00	27,21	26,51	32,60	13,68	100,00	
25	61,60	350,00	1.680.000,00	1.099.505,34	580.494,66	295.680,00	288.000,00	354.223,04	161.616,00	26,89	26,19	32,22	14,70	100,00	
MÉDIA											23,69	28,37	34,90	13,04	—

Fonte: Tavares (2013).

Os custos unitários totais de produção, nos 25 tratamentos elaborados a partir da combinação dos cinco cenários de preço de matéria-prima e preço de venda ficaram entre R\$ 195,00 e R\$ 229,06 (Tabela 11.7). Segundo Gentil (2008), o custo de produção de uma tonelada de briquete de madeira em uma fábrica-piloto foi de R\$ 265,00; Alakangas (2002) encontrou valores entre € 84/t e € 90/t (R\$ 223,30 e R\$ 239,24) e Zakrisson (2002), de € 61 (R\$ 162,15); Rosário (2011) estudou os custos de produção de briquetes de madeira, vendidos a R\$ 300,00/t. Nos *sites* de venda *online* de produtos agropecuários constatou-se a oferta de briquetes entre R\$ 300,00 e R\$ 450,00; no Município de Parelhas, no Rio Grande do Norte, a cerâmica Bela Vista produz briquetes e os vende na região a R\$ 360,00.

A Tabela 11.7 mostra também os percentuais de lucro líquido sobre o preço de venda por tonelada de briquete, considerando todas as situações de preço da matéria-prima e do produto. Observa-se que, para um mesmo preço da matéria-prima, o percentual de lucro acompanhou o aumento dos preços de venda, mesmo com a incidência de impostos sobre o faturamento. O menor lucro líquido apresentado foi de 12,98% para a tonelada de briquete com o maior custo de matéria-prima (R\$ 61,60/t) e menor preço de venda (R\$ 250,00); o maior foi de 40,95% para a situação inversa – menor custo da matéria-prima (R\$ 39,20) e maior preço de venda (R\$ 350,00).

Tabela 11.7 – Lucro líquido da tonelada de briquete na fábrica-escola.

TRAT.	CTU (R\$/t)	PREÇO BRIQUETE (R\$/t)	LUCRO (R\$)	LUCRO %
1	195,14	250,00	54,86	21,6
2	197,60	275,00	77,40	28,14
3	199,84	300,00	100,16	33,38
4	203,96	325,00	121,04	37,24
5	206,66	350,00	143,34	40,95
6	200,75	250,00	49,25	19,70
7	203,20	275,00	71,80	26,10
8	205,44	300,00	94,56	31,52
9	209,56	325,00	115,44	35,52
10	212,26	350,00	137,74	39,35
11	206,34	250,00	43,66	17,46
12	208,80	275,00	66,20	24,07

Tabela 11.7 – Lucro líquido da tonelada de briquete na fábrica-escola (continuação).

TRAT.	CTU (R\$/t)	PREÇO BRIQUETE (R\$/t)	LUCRO (R\$)	LUCRO %
13	211,04	300,00	88,96	29,65
14	215,16	325,00	109,84	33,79
15	218,39	350,00	131,61	37,60
16	211,94	250,00	38,06	15,22
17	214,40	275,00	60,60	22,03
18	216,64	300,00	83,36	27,78
19	220,76	325,00	104,24	32,07
20	223,46	350,00	126,54	36,15
21	217,54	250,00	32,46	12,98
22	220,00	275,00	55,00	20,00
23	222,24	300,00	77,76	25,92
24	226,36	325,00	98,64	30,35
25	229,06	350,00	120,94	34,55
MÉDIA			88,14	28,52

Fonte: Tavares (2013).

11.3.2 Custos de produção da fábrica x

O Custo Fixo Total da fábrica x ficou em R\$ 19.916,74; o Custo Variável Total ficou entre R\$ 55.037,84 a R\$ 68.645; sem os gastos com o pagamento de *royalties*, o custo unitário total de produção passou do mínimo de R\$ 195,14 e máximo de R\$ 229,06 na fábrica-escola, para o mínimo de R\$ 187,38 e máximo de R\$ 221,30, na fábrica x (Tabela 11.8), numa redução média de 4% .

A participação das despesas administrativas, com frete, matéria-prima e impostos no custo total de produção da fábrica x foram praticamente os mesmos daquelas verificadas na fábrica-escola. Contudo, nota-se uma inversão no peso de cada uma dessas rubricas nas Tabelas 11.6 (fábrica-escola) e 11.9 (fábrica x). Na primeira, as participações da biomassa, frete e impostos sobre o custo total são menores do que na segunda tabela, enquanto que os custos administrativos são maiores, por causa do item pagamento de *royalties* e vice-versa.

Na fábrica x, a redução nos custos provocou aumentos do lucro líquido de 2,65 pontos percentuais em média em relação à fábrica-escola (Tabela 11.10).

Tabela 1.8 – Custos fixos e variáveis da fábrica x. *

CUSTOS FIXOS		CUSTOS VARIÁVEIS	
Manutenção	R\$ 5.000,00	Frete	R\$ 24.000,00
Seguro	R\$ 325,00		R\$ 8.860,00 (venda a R\$ 250,00/t) R\$ 9.845,00 (venda a R\$ 275,00/t)
Energia, água e telefone	2.500,00	Impostos**	R\$ 10.740,00 (venda a R\$ 300,00/t) R\$ 12.389,00 (venda a R\$ 325,00/t) R\$ 13.468,00 (venda a R\$ 350,00/t)
Internet	70,00		
Material de escritório	R\$ 200,00		R\$ 15.680,00 (palha a R\$ 39,20/t) R\$ 20.160,00 (palha a R\$ 50,40/t) R\$ 22.400,00 (palha a R\$ 56,00/t) R\$ 24.640,00 (palha a R\$ 61,60/t)
Viagens e treinamentos	R\$ 200,00		
Depreciação	R\$ 6.208,33		
Pró labore diretor	R\$ 2.500,00		
Mão de obra administrativa (incluindo terceirizado)	R\$ 2.913,41	Mão de obra fabril	R\$ 6.497,84
TOTAL	R\$ 19.916,74	TOTAL***	R\$ 55.037,84 a R\$ 68.605,84
CFU	R\$ 49,79	CVU	R\$ 137,59 a R\$ 171,61
		CUSTOS TOTAIS = R\$ 74.954,58 a R\$ 88.522,58	
		CUSTO TOTAL UNITÁRIO = R\$ 187,38 a R\$ 221,30	

Notas: (*) Ver nota de rodapé da página 345; (**) Alíquotas do Simples sobre o faturamento de 8,86%, 9,85%, 9,53% e 9,62%; (***) Custo Variável Total com o menor imposto e menor valor de matéria-prima e com maior imposto e maior valor de matéria-prima.

Fonte: Tavares (2013).

Tabela 11.9 – Fluxos de caixa da fábrica x.

Nº	TRATAMENTO		RECEITA BRUTA	CUSTOS TOTAIS	LUCRO LÍQUIDO	CUSTOS ABSOLUTOS ANUAIS						CUSTOS RELATIVOS ANUAIS				OBS
	COMPRAS	VENDA				R\$						%				
						R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	BIOMASSA	FRETE	ADM	IMPOSTO	
1	39,20	250,00	1.200.000,00	899.424,00	300.576,00	188.160,00	288.000,00	316.974,96	106.320,00	20,92	32,02	35,24	11,82	100,00		
2	39,20	275,00	1.320.000,00	911.232,00	408.768,00	188.160,00	288.000,00	316.974,96	118.140,00	20,65	31,61	34,79	12,96	100,00		
3	39,20	300,00	1.440.000,00	921.984,00	518.016,00	188.160,00	288.000,00	316.974,96	128.880,00	20,41	31,24	34,38	13,98	100,00		
4	39,20	325,00	1.560.000,00	941.760,00	618.240,00	188.160,00	288.000,00	316.974,96	148.668,00	19,98	30,58	33,66	15,79	100,00		
5	39,20	350,00	1.680.000,00	954.720,00	725.280,00	188.160,00	288.000,00	316.974,96	161.616,00	19,71	30,17	33,20	16,93	100,00		
6	44,80	250,00	1.200.000,00	926.352,00	273.648,00	215.040,00	288.000,00	316.974,96	106.320,00	23,21	31,09	34,22	11,48	100,00		
7	44,80	275,00	1.320.000,00	938.112,00	381.888,00	215.040,00	288.000,00	316.974,96	118.140,00	22,92	30,70	33,79	12,59	100,00		
8	44,80	300,00	1.440.000,00	948.864,00	491.136,00	215.040,00	288.000,00	316.974,96	128.880,00	22,66	30,35	33,41	13,58	100,00		
9	44,80	325,00	1.560.000,00	968.640,00	591.360,00	215.040,00	288.000,00	316.974,96	148.668,00	22,20	29,73	32,72	15,35	100,00		
10	44,80	350,00	1.680.000,00	981.600,00	698.400,00	215.040,00	288.000,00	316.974,96	161.616,00	21,91	29,34	32,29	16,46	100,00		
11	50,40	250,00	1.200.000,00	953.184,00	246.816,00	241.920,00	288.000,00	316.974,96	106.320,00	25,38	30,21	33,25	11,15	100,00		
12	50,40	275,00	1.320.000,00	964.992,00	355.008,00	241.920,00	288.000,00	316.974,96	118.140,00	25,07	29,84	32,85	12,24	100,00		
13	50,40	300,00	1.440.000,00	975.744,00	464.256,00	241.920,00	288.000,00	316.974,96	128.880,00	24,79	29,52	32,49	13,21	100,00		

Tabela 11.9 – Fluxos de caixa da fábrica x (continuação).

Nº	TRATAMENTO		RECETTA BRUTA	CUSTOS TOTAIS	LUCRO LÍQUIDO	CUSTOS ABSOLUTOS ANUAIS						CUSTOS RELATIVOS ANUAIS				OBS
	COMPRAS	VENDAS				R\$						%				
						R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	BIOMASSA	FRETE	ADM.	IMPOSTO	
14	50,40	325,00	1.560.000,00	995.520,00	564.480,00	241.920,00	288.000,00	316.974,96	148.668,00	24,30	28,93	31,84	14,93	100,00		
15	50,40	350,00	1.680.000,00	1.008.511,04	671.488,96	241.920,00	288.000,00	316.974,96	161.616,00	23,93	28,49	31,35	15,99	100,00		
16	56,00	250,00	1.200.000,00	980.064,00	219.936,00	268.800,00	288.000,00	316.974,96	106.320,00	27,43	29,39	32,34	10,85	100,00		
17	56,00	275,00	1.320.000,00	991.872,00	328.128,00	268.800,00	288.000,00	316.974,96	118.140,00	27,10	29,04	31,96	11,91	100,00		
18	56,00	300,00	1.440.000,00	1.002.624,00	467.376,00	268.800,00	288.000,00	316.974,96	128.880,00	26,81	28,72	31,61	12,85	100,00		
19	56,00	325,00	1.560.000,00	1.022.400,00	537.600,00	268.800,00	288.000,00	316.974,96	148.668,00	26,29	28,17	31,00	15,54	100,00		
20	56,00	350,00	1.680.000,00	1.035.360,00	664.640,00	268.800,00	288.000,00	316.974,96	161.616,00	25,96	27,82	30,61	15,61	100,00		
21	61,60	250,00	1.200.000,00	1.006.944,00	193.056,00	295.680,00	288.000,00	316.974,96	106.320,00	29,36	28,60	31,48	10,56	100,00		
22	61,60	275,00	1.320.000,00	1.018.752,00	301.248,00	295.680,00	288.000,00	316.974,96	118.140,00	29,02	28,27	31,11	11,60	100,00		
23	61,60	300,00	1.440.000,00	1.029.504,00	410.496,00	295.680,00	288.000,00	316.974,96	128.880,00	28,72	27,67	30,79	12,52	100,00		
24	61,60	325,00	1.560.000,00	1.049.280,00	510.720,00	295.680,00	288.000,00	316.974,96	148.668,00	28,18	27,45	30,21	14,17	100,00		
25	61,60	350,00	1.680.000,00	1.062.240,00	617.760,00	295.680,00	288.000,00	316.974,96	161.616,00	27,84	27,11	29,84	15,21	100,00		
					MÉDIA					23,70	28,38	34,89	13,04	—		

Fonte: Tavares (2013).

Tabela 1.10 — Lucros líquidos da tonelada de briquete de fábrica x.

TRAT.	CTU (R\$)	PREÇO BRIQUETE (R\$/t)	LUCRO %
1	187,38	250,00	25,05
2	189,84	275,00	30,97
3	192,08	300,00	35,97
4	196,20	325,00	39,63
5	198,90	350,00	43,17
6	192,99	250,00	22,80
7	195,44	275,00	28,93
8	197,68	300,00	34,11
9	201,80	325,00	37,91
10	204,50	350,00	41,57
11	198,58	250,00	20,57
12	201,04	275,00	26,89
13	203,28	300,00	32,24
14	207,40	325,00	36,18
15	210,63	350,00	39,82
16	204,18	250,00	18,33
17	206,64	275,00	24,86

Tabela 1.10 – Lucros líquidos da tonelada de briquete de fábrica x (continuação).

18	208,88	300,00	30,37
19	213,00	325,00	34,46
20	215,70	350,00	38,37
21	209,78	250,00	16,09
22	212,24	275,00	22,82
23	214,48	300,00	28,51
24	218,60	325,00	32,74
25	221,30	350,00	36,77
LUCRO MÉDIO			31,17

Fonte: Tavares (2013).

11.4 Metodologia da análise de viabilidade econômico-financeira

Para a análise da viabilidade econômico-financeira foram utilizados os métodos de, *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Com os valores encontrados de desses parâmetros foi possível obter previsões sobre o comportamento financeiro em quaisquer outros cenários de compra da matéria-prima (biomassa) e venda do produto (briquete) além dos 25 estabelecidos para cada empreendimento analisado nesse estudo.

Foram calculados também nessa análise os Pontos de Equilíbrios Financeiros (PEF) de cada um dos 50 cenários (25 de cada fábrica). O PEF é o ponto neutro de resultado, expresso em quantidade de produtos ou em equivalente em dinheiro, abaixo do qual uma empresa terá prejuízo e, acima, lucro. Também chamado de “ponto de ruptura ou *break-even-point*”, o PEF é a conjugação dos custos totais com as receitas totais (MARTINS, 2000).

A obtenção do PEF é relevante para o planejamento das operações de qualquer empreendimento. Com a informação sobre o mínimo a ser produzido e vendido para cobrir os custos fixos da fábrica é possível estabelecer metas de produção e venda de modo a evitar prejuízos cumulativamente.

Como técnica de análise estatística foi utilizado o modelo de regressão múltipla, já que os únicos itens financeiros que são variáveis no fluxo de caixa que influenciaram os resultados dos aferidores econômicos (VPL, TIR e *Payback*) foram respectivamente: o valor de compra da matéria-prima, o valor de venda do briquete e o imposto pago no faturamento bruto. Estas análises foram realizadas no sentido de oferecer as respectivas equações de regressões dos 25 fluxos de caixa gerados pela combinação de preço de compra da matéria-prima e preço de venda dos briquetes, de cada um dos modelos das fábricas propostos, gerando 50 tratamentos. O objetivo foi oferecer ao leitor a possibilidade de definir, com precisão, o VPL, a TIR e o *Payback* com diferentes combinações das variáveis regressoras (compra da matéria-prima; valor de venda do briquete e imposto pago).

Deve-se observar também que, como os valores dos impostos pagos são estabelecidos através de alíquotas percentuais sobre o faturamento das empresas (neste caso foram usados as faixas do Simples Nacional), para efeito de simplificação das análises dos dados e apresentação com menos parâmetros das equações de regressões, esses valores foram adicionados ao custo total da produção dos briquetes. Portanto, as regressões tiveram, para efeito prático, apenas duas variáveis dependentes (custo de compra da matéria-prima e o valor de venda do briquete).

Como estabelecemos que existe uma relação linear entre as variáveis Y (VPL, TIR e *Payback*) e X (o valor de compra da matéria-prima e o valor de venda do briquete), e que esta relação é satisfatória, podemos estimar a linha de regressão e resolver alguns problemas de inferência.

Neste estudo foram realizadas as análises dos Métodos dos Mínimos Quadrados (MMQ), visando obter as Análises de Variâncias (ANOVA) em todas as regressões estudadas com a suposição de que os erros têm distribuições normais. Entendemos que o MMQ é uma eficiente estratégia de estimação dos parâmetros da regressão e sua aplicação não é limitada apenas às relações lineares.

O objetivo do MMQ é estimar os parâmetros (β_0 e β_1) da regressão de modo que os desvios entre os valores observados e estimados sejam mínimos. Isso equivale a minimizar o comprimento do vetor de erros. Os valores de β_0 e β_1 são chamados de Estimadores de Mínimos Quadrados (EMQ). Desta maneira, torna-se imperioso estabelecer os resíduos ou erros, importante para se verificar os ajustes dos modelos. Para que esses ajustes sejam feitos, algumas propriedades dos mínimos quadrados são necessárias, como: i) a soma dos resíduos é sempre nula; ii) a soma dos valores observados é igual a soma dos valores ajustados e iii) a reta de regressão de mínimos quadrados passa pelos pontos médios de X e Y .

Assim como os parâmetros β_0 e β_1 , a variância (σ^2) dos termos do erro precisa ser estimada. Isto é necessário, já que inferências a respeito da função de regressão e da predição de Y requerem uma estimativa da σ^2 . Logo, a sua análise é fundamental para validar ou não a significância de um modelo de regressão. Também foi realizado um teste de hipóteses para avaliar se a variável explicativa tem correlação com a variável resposta (Teste F).

Além das análises estatísticas citadas, todos os parâmetros estudados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar se os valores de dados de uma determinada variável seguem ou não uma distribuição de médias e desvios-padrões calculados na mesma amostra (se eles têm distribuições normais). Os dados também foram submetidos ao teste de Cochran que é usado para verificação de homogeneidade de variâncias. Esses testes visam viabilizar a aplicação da análise de variância, que só poderá ser aplicada a um conjunto de observações se estiverem satisfeitas as pressuposições de independência, normalidade e variância constante (VIEIRA; HOFFMANN, 1989).

A combinação dos cinco valores de compra da matéria-prima e dos cinco valores de venda dos briquetes totalizando 25 combinações, e portanto gerando 25 pontos de análises para as regressões, foram estabelecidos dentro do intervalo atualmente

praticado no Brasil (venda de briquete) e na região do Baixo-Açu (compra da matéria-prima), apesar de a teoria econométrica estabelecer que para as análises de regressões lineares sejam apuradas, no mínimo, 30 observações aleatórias, visando a uma boa aderência e representatividade do fenômeno analisado.

O que tornou suficientes as 25 observações de cada um dos casos desse estudo é o fato de nessa análise as variáveis expressarem uma relação direta com o fenômeno observado, o que nem sempre acontece. Numa análise do efeito do aumento de salários dos trabalhadores e a compra específica de algum produto, por exemplo, há uma dependência de inúmeros fatores (classe social, grau de instrução, grau de cultura, número de dependentes, sexo, idade, etc).

No caso da produção de briquetes no Baixo-Açu, o aumento de uma variável representa a mesma variação direta do aumento ou diminuição do fluxo de caixa. Ou seja: o aumento do valor da compra da matéria-prima (p.e. em R\$ 1,00) impacta negativamente na mesma proporção (R\$ 1,00) a receita líquida do fluxo de caixa, desde que mantida na análise o mesmo preço de venda do produto. Caso inverso, o aumento de R\$ 1,00 no preço de venda do briquete, impacta positivamente em R\$ 1,00 o fluxo de caixa desde que mantido o preço de compra da matéria-prima. Desta maneira, como são muito simétricas as simulações aqui estudadas, os 25 pontos estabelecidos para as regressões foram mais do que suficientes para dar uma total representatividade aos fenômenos estudados.

Os critérios de viabilidade econômico-financeira adotados para a análise dos dados extraídos do programa foram os seguintes: (i) VPL para 10 anos igual ou superior a 50% do valor imobilizado com a planta de produção de briquetes (R\$ 1.510.549,00); (ii) TIR superior à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) estabelecida pelo plano de negócios (10% aa); (iii) *Payback* de no máximo 5 anos.

O programa utilizado para a obtenção dos valores da VPL, TIR, *Payback* e PEF foi o *Make Money*; para as análises estatísticas foi o *Action*, um *software* desenvolvido há 10 anos sobre plataforma R, largamente utilizado por ser gratuito e permitir que se trabalhe com o Excel de forma integrada.

11.5 Resultados

De acordo com os critérios expostos no tópico anterior, 14 dos 25 tratamentos feitos para fábrica-escola se mostraram bastante viáveis, com um VPL médio para 10 anos de R\$ 1.640.505,89, suficiente para comprar, com sobras, um novo parque fabril nas mesmas condições que o original, que exigiu cerca de R\$ 1.600.000,00 de investimento.

A TIR média também para 10 anos ficou em 29%, chegando a 40% no tratamento 25, o que significa uma expectativa quatro vezes superior à Taxa Mínima de Atratividade definida no plano de negócios do empreendimento.

O *Payback* descontado médio dos 14 tratamentos foi de 3,64 anos, abaixo dos 5% colocados como condição da viabilidade do negócio.

A razão de se ter incluído dois tratamentos com VPL correspondentes a pouco mais da metade do capital inicial investido se deve à análise global dos valores encontrados pelas três metodologias de avaliação utilizadas. Apesar de significativamente menor que os dos demais, os VPLs dos tratamentos 18 e 23 representam mais da metade do capital investido; os dois apresentaram *Payback* em 4 e 5 anos e Taxas Internas de Retorno superiores a 20%, o dobro da Taxa Mínima de Atratividade exigida para que a fábrica seja considerada viável.

A partir das simulações resumidas na Tabela 11.11 (fábrica-escola), pode-se concluir que:

- a) A venda da tonelada do briquete a R\$ 250,00 e R\$ 275,00 é inviável seja qual for o preço da matéria-prima apresentado nos cinco cenários do estudo;
- b) A venda da tonelada de briquete a R\$ 300,00 só é inviável se a matéria-prima for comprada a um valor situado em algum ponto acima de R\$ 56,00/t;
- c) A venda da tonelada de briquete por um valor igual ou superior a R\$ 325,00 tornam o empreendimento viável para todos os preços de matéria-prima considerados no estudo;
- d) A incidência de uma maior alíquota de imposto sobre os faturamentos não contribuiu para reduzir o nível de viabilidade – os tratamentos com os maiores preços de venda são os mais lucrativos, independentemente do imposto cobrado.

Tabela 11.11 – Análise de viabilidade econômico-financeira da fábrica-escola de Ipangaçu.

Nº	TRATAMENTO		VPL (Valor Presente Líquido) R\$					TIR (Taxa Interna de Retorno)					PAYBACK	OBS*
	COMPRAS BIOMASSA	VENDAS BRIQUETE	ANOS					ANOS						
			R\$	5	10	15	20	5	10	15	20			
1	39,20	250,00	668.383,53	48.640,32	344.385,99	584.303,90	-7%	9%	13%	15%	15%	7	I	
2	39,20	275,00	260.266,23	614.108,93	1.157.027,10	1.494.136,58	4%	18%	21%	22%	22%	5	I	
3	39,20	300,00	152.128,13	1.283.677,33	1.986.280,35	2.422.541,05	14%	26%	28%	29%	29%	4	V	
4	39,20	325,00	528.709,46	1.896.135,69	2.745.199,79	3.272.401,80	22%	33%	34%	35%	35%	3	V	
5	39,20	350,00	932.362,78	2.551.765,91	3.557.287,84	4.181.637,85	30%	40%	41%	41%	41%	3	V	
6	44,80	250,00	774.759,89	218.286,31	127.240,01	341.784,66	-11%	7%	11%	13%	13%	8	I	
7	44,80	275,00	366.642,58	444.462,96	948.095,69	1.260.811,98	1%	16%	19%	20%	20%	5	I	
8	44,80	300,00	45.748,78	1.114.028,36	1.777.345,93	2.189.213,96	11%	24%	26%	27%	27%	4	V	
9	44,80	325,00	422.333,11	1.726.489,72	2.536.288,37	3.039.077,20	19%	31%	33%	33%	33%	4	V	
10	44,80	350,00	825.987,57	2.382.121,08	3.348.357,56	3.948.314,39	28%	38%	39%	39%	39%	3	V	
11	50,40	250,00	881.136,24	387.932,27	81.691,41	113.460,07	-14%	4%	9%	11%	11%	8	I	
12	50,40	275,00	475.018,93	274.817,00	739.164,27	1.027.487,39	-2%	14%	17%	18%	18%	6	I	
13	50,40	300,00	60.627,56	944.382,40	1.568.414,52	1.955.889,36	9%	22%	24%	25%	25%	4	V	
14	50,40	325,00	315.956,77	1.556.843,78	2.327.336,98	2.805.752,64	17%	29%	31%	31%	31%	4	V	

Tabela 11.11 – Análise de viabilidade econômico-financeira da fábrica-escola de Ipangaçu (continuação).

Nº	TRATAMENTO		VPL (Valor Presente Líquido) R\$					TIR (Taxa Interna de Retorno)					PAYBACK	OBS*
	COMPRAS BIOMASSA	VENDAS BRIQUETE	ANOS					ANOS						
			R\$	5	10	15	20	5	10	15	20			
15	50,40	350,00	719.610,07	2.212.473,96	3.139.424,98	3.714.988,63	26%	36%	37%	38%	3	V		
16	56,00	250,00	987.512,59	557.578,24	290.622,83	1.24.864,52	-17%	2%	7%	9%	10	I		
17	56,00	275,00	579.395,27	105.171,03	530.232,85	794.162,80	-5%	11%	15%	16%	6	I		
18	56,00	300,00	167.003,91	774.736,44	1.359.483,04	1.722.564,77	6%	20%	23%	23%	5	V		
19	56,00	325,00	209.580,41	1.387.197,80	2.118.405,54	2.572.428,02	15%	27%	29%	29%	4	V		
20	56,00	350,00	613.029,03	2.042.496,21	2.930.082,86	3.481.204,34	23%	34%	36%	36%	3	V		
21	61,60	250,00	1.093.888,92	727.224,18	499.554,22	358.028,55	-21%	-1%	5%	7%	11	I		
22	61,60	275,00	685.771,62	64.474,93	321.301,44	560.838,21	-8%	9%	13%	15%	7	I		
23	61,60	300,00	273.380,26	605.090,47	1.150.551,68	1.489.240,18	3%	18%	21%	22%	5	I		
24	61,60	325,00	107.204,56	1.221.551,83	1.913.474,12	2.343.103,43	12%	25%	27%	28%	4	V		
25	61,60	350,00	506.857,38	1.873.182,05	2.721.562,17	3.248.339,48	21%	32%	34%	34%	3	V		

Fonte: Tavares (2013).

O menor Ponto de Equilíbrio Financeiro das 25 simulações da fábrica-escola é alcançado em quatro meses e, o maior, em pouco mais de oito meses. O tempo médio obtido para se conseguir empatar despesas com receitas na fábrica-escola é de 5,7 meses, conforme a Tabela 11.12¹⁸.

No seu estudo sobre a viabilidade econômico-financeira para a briquetagem de resíduos vegetais, Filippetto (2008) fez projeções para três modelos de fábrica, nos quais o PEF, calculado em percentual de produtos produzidos durante o ano, é alcançado, no primeiro ano de funcionamento entre 7 e 8 meses no primeiro ano e entre 4 e 5 meses no 10º ano de operação; Hoffelder (2011), encontrou um PEF de 33 % da produção em uma fábrica de *pellets* no Município de Ribeirão Preto, em São Paulo o que, considerando o total produzido por ano, equivale a pouco mais de três meses de faturamento. Esses resultados são coerentes com os encontrados para a fábrica-escola.

Tabela 11.12 – Ponto de Equilíbrio Financeiro da fábrica-escola.

FLUXO DE CAIXA ANUAL					
TRAT	RECEITAS BRUTAS R\$	CUSTOS TOTAIS R\$		PONTO DE EQUILÍBRIO FINANCEIRO R\$	TEMPO PARA O PEF (meses)
		FIXOS	VARIÁVEIS		
1	1.200.000,00	354.223,04	582.480,00	688.346,37	6,9
2	1.320.000,00	354.223,04	594.300,00	644.308,14	5,9
3	1.440.000,00	354.223,04	605.040,00	610.904,93	5,1
4	1.560.000,00	354.223,04	624.828,00	590.894,45	4,6
5	1.680.000,00	354.223,04	637.776,00	570.985,42	4,1
6	1.200.000,00	354.223,04	609.360,00	719.672,99	7,2
7	1.320.000,00	354.223,04	621.180,00	669.091,35	6,1
8	1.440.000,00	354.223,04	631.920,00	631.226,10	5,3
9	1.560.000,00	354.223,04	651.708,00	608.381,39	4,7
10	1.680.000,00	354.223,04	664.656,00	586.101,57	4,2
11	1.200.000,00	354.223,04	636.240,00	753.986,90	7,5

¹⁸ Normalmente o PEF é expresso em percentagens. Porém, como este estudo considera uma produção constante mensal de 400 toneladas desde o início da entrada em operação da fábrica, optou-se em dividir os custos totais anuais de produção pelo faturamento mensal bruto esperado, que também é fixo (de R\$ 100 mil a R\$ 140 mil, considerando as cinco faixas de preço de venda da tonelada do briquete), expressando assim o PEF em meses.

Tabela 11.12 – Ponto de Equilíbrio Financeiro da fábrica-escola (continuação).

FLUXO DE CAIXA ANUAL					
TRAT	RECEITAS BRUTAS R\$	CUSTOS TOTAIS R\$		PONTO DE EQUILÍBRIO FINANCEIRO R\$	TEMPO PARA O PEF (meses)
		FIXOS	VARIÁVEIS		
12	1.320.000,00	354.223,04	648.060,00	695.857,39	6,3
13	1.440.000,00	354.223,04	658.800,00	652.945,70	5,4
14	1.560.000,00	354.223,04	678.588,00	626.934,90	4,8
15	1.680.000,00	354.223,04	691.536,00	602.039,85	4,3
16	1.200.000,00	354.223,04	663.120,00	791.736,80	7,9
17	1.320.000,00	354.223,04	674.940,00	724.854,15	6,6
18	1.440.000,00	354.223,04	685.680,00	676.213,26	5,6
19	1.560.000,00	354.223,04	705.468,00	646.655,65	5,0
20	1.680.000,00	354.223,04	718.416,00	618.869,19	4,4
21	1.200.000,00	354.223,04	690.000,00	833.465,99	8,3
22	1.320.000,00	354.223,04	701.820,00	756.372,61	6,9
23	1.440.000,00	354.223,04	712.560,00	701.200,35	5,8
24	1.560.000,00	354.223,04	732.348,00	667.657,36	5,1
25	1.680.000,00	354.223,04	745.296,00	636.666,49	4,6
MÉDIA					5,70

Fonte: Tavares (2013).

Quanto aos resultados obtidos da análise de viabilidade da fábrica x, cuja simulação está ilustrada pela Tabela 11.13, observa-se que pelos critérios definidos em 11.3 o empreendimento se mostra bastante viável no prazo de 10 anos, em 19 dos 25 tratamentos do fluxo de caixa.

A média dos VPL viáveis ficou em R\$ 1.861.019,00, valor que dá para comprar mais de uma fábrica do mesmo porte, cujo investimento inicial gira em torno de R\$ 1.300,00, com pequenas variações nas simulações feitas.

A TIR média encontrada é de 36%, mais do dobro da TMA requerida;

O retorno do capital investido se dá em 3,26 anos, prazo também abaixo do limite inferior estabelecido.

A análise dos dados relativos a fábrica x (Tabelas 11.13 e 11.14) nos permitem concluir que:

- a) A venda da tonelada do briquete a R\$ 250,00 é inviável seja qual for o preço da matéria-prima apresentado nos cinco cenários do estudo;
- b) A venda da tonelada de briquete a R\$ 275,00 só é inviável se a matéria-prima for comprada a um valor situado em ponto acima de R\$ 56,00/t;
- c) A venda da tonelada de briquete por um valor igual ou superior a R\$ 300,00 tornam o empreendimento viável para todos os preços de matéria-prima considerados no estudo.
- d) A incidência de uma maior alíquota de impostos sobre os faturamentos não contribuiu para reduzir o nível de viabilidade – os tratamentos com os maiores preços de venda são os mais lucrativos, independentemente do imposto cobrado.

Assim como na fábrica-escola, o Ponto de Equilíbrio Financeiro das 25 simulações da fábrica x é alcançado no tempo médio de cinco meses, com uma pequena variação a menor, conforme a Tabela 11.14. Alguns tratamentos registraram um PEF em menos de quatro meses, o que também é coerente com outros estudos realizados no segmento de biocombustíveis adensados.

Tabela 11.13 – Análise de viabilidade econômica da fábrica x.v

Nº	TRATAMENTO		VPL (valor Presente Líquido) R\$					TIR (Taxa Interna de Retorno)					PAYBACK	OBS*
	COMPRA BIOMASSA	VENDA BRIQUETE	ANOS					ANOS						
			R\$	5	10	15	20	5	10	15	20			
1	39,20	250,00	205.383,72	502.033,10	941.283,28	1.208.646,94	4%	18%	21%	22%	5	I		
2	39,20	275,00	203.718,59	1.165.767,36	1.763.123,96	2.128.498,73	16%	28%	30%	30%	4	V		
3	39,20	300,00	567.876,36	1.756.594,18	2.494.694,42	2.949.386,79	25%	36%	37%	37%	3	V		
4	39,20	325,00	995.238,28	2.450.338,13	3.353.840,65	3.909.307,95	36%	45%	46%	46%	3	V		
5	39,20	350,00	1.399.970,58	3.107.047,32	4.167.007,67	4.819.625,01	46%	53%	54%	54%	2	V		
6	44,80	250,00	309.520,07	334.627,13	734.591,86	977.401,82	1%	16%	19%	20%	5	I		
7	44,80	275,00	99.582,24	998.361,40	1.556.432,54	1.897.414,14	13%	25%	28%	28%	4	V		
8	44,80	300,00	893.350,93	2.285.181,16	3.149.398,23	3.665.576,48	34%	43%	44%	44%	3	V		
9	44,80	325,00	549.931,12	1.729.921,12	2.462.602,08	2.925.380,55	25%	35%	37%	37%	3	V		
10	44,80	350,00	1.295.834,23	2.939.641,36	3.960.316,25	4.588.538,38	43%	51%	52%	52%	2	V		
11	50,40	250,00	413.656,42	167.221,17	527.900,45	746.317,22	-3%	13%	16%	18%	6	I		
12	50,40	275,00	4.554,11	830.955,44	1.349.741,13	1.666.329,55	10%	23%	25%	26%	4	V		
13	50,40	300,00	408.732,26	1.501.415,84	2.179.886,37	2.595.620,57	21%	32%	34%	34%	3	V		
14	50,40	325,00	786.965,58	2.115.526,20	2.940.457,81	3.447.140,46	31%	40%	41%	42%	3	V		

Tabela 11.13 – Análise de viabilidade econômica da fábrica x (continuação).

Nº	TRATAMENTO		VPL (valor Presente Líquido) R\$					TIR (Taxa Interna de Retorno)					PAYBACK	OBS*
	COMPR BIOMASSA	VENDA BRIQUETE	ANOS					ANOS						
			R\$	5	10	15	20	5	10	15	20			
15	50,40	350,00	1.191.697,89	2.772.235,40	3.753.624,84	4.357.453,79	41%	49%	49%	50%	3	V		
16	56,00	250,00	517.792,77	184,80	321.209,03	515.232,63	7%	10%	14%	15%	7	I		
17	56,00	275,00	108.690,45	663.549,47	1.143.049,71	1.435.244,95	7%	21%	23%	24%	5	V		
18	56,00	300,00	304.595,91	1.334.009,88	1.973.194,96	2.364.541,93	18%	30%	32%	32%	4	V		
19	56,00	325,00	682.829,23	1.948.120,23	2.733.766,40	3.216.054,17	28%	38%	39%	40%	3	V		
20	56,00	350,00	1.087.561,54	2.604.829,43	3.546.933,42	4.120.278,85	38%	46%	47%	48%	3	V		
21	61,60	250,00	621.929,12	167.590,76	114.517,61	284.308,57	-10%	7%	11%	13%	8	I		
22	61,60	275,00	212.826,80	496.143,51	936.358,29	1.204.160,36	4%	18%	21%	22%	5	I		
23	61,60	300,00	200.459,56	1.166.603,91	1.766.503,54	2.133.457,33	16%	28%	30%	30%	4	V		
24	61,60	325,00	437.493,66	1.551.841,43	2.243.763,73	2.673.393,04	22%	33%	34%	35%	3	V		
25	61,60	350,00	983.425,19	2.437.423,47	3.340.242,00	3.895.286,64	36%	44%	45%	45%	3	V		

Nota: I = inviável e V = viável.
Fonte: Iavares (2013).

Tabela 11.14 – Ponto de Equilíbrio Financeiro da fábrica x.

FLUXO DE CAIXA ANUAL					
TRAT	RECEITAS BRUTAS (R\$)	CUSTOS TOTAIS (R\$)		PONTO DE EQUILÍBRIO FINANCEIRO (R\$)	TEMPO PARA O PEF (meses)
		FIXOS	VARIÁVEIS		
1	1.200.000,00	316.974,96	582.480,00	615.963,94	6,16
2	1.320.000,00	316.974,96	594.300,00	576.556,51	5,24
3	1.440.000,00	316.974,96	605.040,00	555.284,75	4,63
4	1.560.000,00	316.974,96	624.828,00	528.759,49	4,07
5	1.680.000,00	316.974,96	637.776,00	510.943,98	3,65
6	1.200.000,00	316.974,96	609.360,00	643.996,43	6,44
7	1.320.000,00	316.974,96	621.180,00	598.733,66	5,44
8	1.440.000,00	316.974,96	631.920,00	564.850,09	4,71
9	1.560.000,00	316.974,96	651.708,00	544.407,60	4,19
10	1.680.000,00	316.974,96	664.656,00	524.470,60	3,75
11	1.200.000,00	316.974,96	636.240,00	674.702,09	6,75
12	1.320.000,00	316.974,96	648.060,00	622.685,15	5,66
13	1.440.000,00	316.974,96	658.800,00	584.285,79	4,87
14	1.560.000,00	316.974,96	678.588,00	561.010,14	4,32
15	1.680.000,00	316.974,96	691.536,00	538.732,90	3,85
16	1.200.000,00	316.974,96	663.120,00	708.482,44	7,08
17	1.320.000,00	316.974,96	674.940,00	648.632,77	5,90
18	1.440.000,00	316.974,96	685.680,00	605.106,67	5,04
19	1.560.000,00	316.974,96	705.468,00	578.657,17	4,45
20	1.680.000,00	316.974,96	718.416,00	553.792,57	3,96
21	1.200.000,00	316.974,96	690.000,00	745.823,63	7,46
22	1.320.000,00	316.974,96	701.820,00	676.836,94	6,15
23	1.440.000,00	316.974,96	712.560,00	627.466,27	5,23
24	1.560.000,00	316.974,96	732.348,00	597.450,46	4,60
25	1.680.000,00	316.974,96	745.296,00	569.718,41	4,07
MÉDIA					5,1

Fonte: Tavares (2013).

11.5.1 Comparação dos resultados das análises das duas fábricas

Os resultados da análise dos fluxos de caixa indicam que ambos os empreendimentos são bastante viáveis. No entanto, devido ao seu nível de investimento menor e a redução de suas despesas administrativas com a retirada dos *royalties* ao IFRN, a fábrica x possui uma viabilidade superior à da fábrica-escola. Ela apresenta ao final de 10 anos, na maioria dos tratamentos, um excedente maior de recursos disponíveis suficientes para comprar outra fábrica igual e indica uma remuneração do investimento com taxas ainda maiores do que as obtidas na fábrica do *Campus Ipanguaçu*, ainda que estas também sejam bem superiores à Taxa Mínima de Atratividade, estabelecida em 10%.

Numa perspectiva de 10 anos, os 25 tratamentos da fábrica x apresentaram apenas dois VPL negativos, contra seis da fábrica-escola; apenas uma TIR abaixo da TMA de 10% a estabelecida, contra seis da análise anterior e 22 dos 25 *Paybacks* iguais ou inferiores a 5 anos, ao passo que na fábrica-escola houve 5 tratamentos em que este indicador ficou acima do desejado.

Diante das características do fluxo de caixa de cada um dos modelos de empreendimento, as análises realizadas permitem concluir que a fábrica-escola possui uma flexibilidade menor na definição do preço de venda do seu produto, pois quando a matéria-prima alcança seu maior preço (R\$ 61,60/t) o valor de R\$ 300,00 já não é viável economicamente, o que não acontece com a fábrica x, que consegue vender seu produto a esse valor com todos os preços da matéria-prima dos cinco cenários.

11.5.2 Resultados das análises estatísticas

Os modelos de regressões lineares, sejam eles simples ou múltiplos, são a base do modelo estatístico econométrico, devido ao fato de que as relações entre variáveis econômicas, são, em geral, inexatas, ou seja, não existe uma relação exata ou determinística entre elas.

Visando levar em conta as relações inexatas entre as variáveis econômicas, torna-se necessário conhecer o distúrbio ou termo de erro (u) que represente bem todos os fatores que afetam a variável dependente ou regressando. Ou seja, a função dependente econométrica baseia-se na hipótese de que a variável dependente Y se relaciona linearmente com a variável independente ou explanatória X , mas a relação entre ambas não é exata: está sujeita a variações individuais. O termo de erro u

pode representar bem todos esses fatores que afetam a variável dependente, mas que não são levadas em conta explicitamente (GUJARATI; PORTER, 2011).

Nas Tabelas 11.15 e 11.16 encontram-se as equações de regressões lineares múltiplas para os valores encontrados para a *Payback*, para o VPL e para a TIR em 5, 10, 15 e 20 anos. Para se obter estas equações, os dados calculados desses três aferidores, para todos os tratamentos foram agrupados em planilhas eletrônicas. Posteriormente, foram calculadas as regressões, bem como os parâmetros estatísticos das mesmas (análise de variância; coeficientes da regressão e R2 ajustado) com a ajuda do *software* estatístico *Action*.

Tabela 11.15 – Análise de regressão linear múltipla dos valores de VPL, TIR e *Payback* da fábrica-escola de briquetes de Ipangaçu.

AFERIDOR	EQUAÇÕES DE REGRESSÃO	R ² AJUSTADO
VPL 5	$Y = - 3.909.690,48 - 18.967,96 \text{ CB} + 15.966,35 \text{ VB}$	0,9998
VPL 10	$Y = - 5.334.509,82 - 30.266,56 \text{ CB} + 25.934,03 \text{ VB}$	0,9998
VPL 15	$Y = - 6.212.329,61 - 37.340,78 \text{ CB} + 32.111,02 \text{ VB}$	0,9998
VPL 20	$Y = - 6.758.387,21 - 41.702,73 \text{ CB} + 35.944,79 \text{ VB}$	0,9998
TIR 5	$Y = - 85,96 - 0,49 \text{ CB} + 0,39 \text{ VB}$	0,9916
TIR 10	$Y = - 54,40 - 0,39 \text{ CB} + 0,32 \text{ VB}$	0,9944
TIR 15	$Y = - 44,44 - 0,33 \text{ CB} + 0,28 \text{ VB}$	0,9969
TIR 20	$Y = - 38,42 - 0,33 \text{ CB} + 0,26 \text{ VB}$	0,9977
<i>Payback</i>	$Y = 16,88 + 0,0765 \text{ CB} - 0,053456 \text{ VB}$	0,8299

Fonte: Tavares (2013).

Tabela 11.16 – Análise de regressão linear múltipla dos valores de VPL, TIR e *Payback* da fábrica de briquetes x.

AFERIDOR	EQUAÇÕES DE REGRESSÃO	R ² AJUSTADO
VPL 5	$Y = - 3.321.660,12 - 19.393,82 \text{ CB} + 15.623,02 \text{ VB}$	0,9622
VPL 10	$Y = - 4.566.419,95 - 31.186,16 \text{ CB} + 25.352,89 \text{ VB}$	0,9622
VPL 15	$Y = - 5.339.317,86 - 38.508,27 \text{ CB} + 31.394,36 \text{ VB}$	0,9623
VPL 20	$Y = - 5.826.697,18 - 43.045,28 \text{ CB} + 35.150,54 \text{ VB}$	0,9635
TIR 5	$Y = - 80,31 - 0,54 \text{ CB} + 0,42 \text{ VB}$	0,9610
TIR 10	$Y = - 51,24 - 0,44 \text{ CB} + 0,35 \text{ VB}$	0,9621
TIR 15	$Y = - 42,89 - 0,41 \text{ CB} + 0,32 \text{ VB}$	0,9625
TIR 20	$Y = - 40,07 - 0,39 \text{ CB} + 0,31 \text{ VB}$	0,9625
<i>Payback</i>	$Y = 11,06 + 0,05 \text{ CB} - 0,03 \text{ VB}$	0,8526

Fonte: Tavares (2013).

Conforme citado anteriormente, apenas três parâmetros econômicos (o valor de compra da matéria-prima = biomassa (CB); o valor de venda do briquete (VB) e o imposto pago no faturamento bruto), variaram em relação aos fluxos de caixas estabelecidos para os 25 tratamentos estudados (cinco preços de compra da matéria-prima X cinco preços de venda do briquete). Como a variação do imposto é extremamente pequena entre as faixas de faturamento bruto, podemos assumir que na análise de variância a soma de quadrados e, conseqüentemente, os quadrados médios decorrentes desta variável (imposto pago) como causa de variação da regressão com 1° de liberdade, é muito pouco expressiva em relação às outras duas causas de variações (preço de compra da biomassa e preço de venda do briquete). Logo, o seu valor foi incorporado ao custo de produção do briquete para simplificar o modelo de regressão múltipla ao modelo mais simples que é a regressão múltipla de três variáveis (1 dependente e 2 independentes). Além de facilitar o emprego das regressões, a incorporação desta variável facilita também a apresentação gráfica tridimensional dos aferidores trabalhados, sem queda nenhuma da qualidade das análises estatísticas.

O modelo de regressão múltipla utilizado neste estudo é expresso pela equação abaixo:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + u_i \quad [7]$$

Onde:

- Y_i = Variável dependente (VPL ou TIR);
- X_{2i} e X_{3i} = Variáveis independentes, explanatórias ou regressores (CB e VB);
- u_i = Termo de erro estocástico;
- i = indicador da i-ésima observação;
- β_1 = intercepto (valor médio de Y quando X_{2i} e X_{3i} são iguais a zero);
- β_2 e β_3 = coeficientes angulares (coeficientes parciais da regressão).

Para fins de entendimento, tomemos como um exemplo de interpretação a equação de regressão da Tabela 12.15 com o aferidor econômico VPL 5 anos. Neste exemplo, se tanto a CB (Compra da Biomassa) como a VB (Venda do Briquete) forem fixados com valor zero, o valor médio do intercepto ($\beta_1 = -3.909.690,48$) da VPL seria negativo. No caso exemplificado, o intercepto não passa pela origem, e como os cálculos do fluxo de caixa que compõem a determinação dos aferidores econômicos apresentam outros custos (custo de pessoal, administração, etc...) eles têm a tendência de apresentarem valores negativos no intercepto.

Obviamente, essa interpretação mecânica do intercepto não faz muito sentido econômico no caso presente, porque o valor zero para compra de biomassa e/ou para venda do briquete não representa uma situação provável. Como se vê, muitas vezes o intercepto não faz muito sentido econômico. Portanto, na prática, o intercepto pode não ter uma boa interpretação econômico-financeira. O valor mais importante para análise são os coeficientes angulares.

O coeficiente de regressão parcial β_2 de -18.967,96 significa que, mantidas constantes todas as demais variáveis, um aumento do valor da compra da biomassa (p.e. em R\$ 1,00) é acompanhado de uma diminuição do VPL de R\$ 18.967,96 no período estabelecido. Em relação ao coeficiente β_3 (15.996,35), tem-se um efeito contrário: o aumento do valor de venda do briquete (p.e. em R\$ 1,00) é acompanhado do aumento do aferidor VPL em R\$ 15.996,35. O valor de R^2 , de 0,9998 mostra que as duas variáveis explanatórias são responsáveis por mais de 99% da variação do aferidor VPL.

Como foi estudada a análise de regressão sob o ponto de vista da análise de variância, foi possível observar se os coeficientes angulares β_2 e β_3 foram ou não iguais a zero. Se os coeficientes β_2 e β_3 forem de fato zero ($H_0: \beta_2$ e $\beta_3 = 0$), as variáveis explanatórias de X não têm nenhuma influência linear sobre Y e toda a variação de Y é explicada pelos distúrbios aleatórios. Se, por outro lado, os coeficientes β_2 e β_3 não forem zero ($H_1: \beta_2$ e $\beta_3 \neq 0$), parte da variação de Y será atribuída a X.

Assim, os testes t e F oferecem duas formas alternativas, mas complementares, de testar as hipóteses nulas. Para o modelo de regressão de duas variáveis, somente o teste t faz-se necessário para verificar as hipóteses estatísticas, não havendo a necessidade de se recorrer ao teste F, mas quando tratamos do tema regressões múltiplas, o teste F tem várias aplicações úteis e poderosas para verificar essas hipóteses.

Se a hipótese nula como $\beta_2 = \beta_3 = 0$ pode ser testada pela técnica de análise de variâncias e o teste F concomitante, e estas são as melhores técnicas para analisar se aceitamos ou não a hipótese de nulidade em regressões múltiplas, no nosso exemplo, a análise de variâncias que tem distribuição F com 2 e 22 graus de liberdade, obteve os valores de $F_{\text{calculado}}$ (7.363,63 para CB e 103.983,85 para VB) $> F_{\text{tabelado}}$ (3,44). Isso indica que os valores calculados de F, obviamente, foram altamente significativos e desta maneira podemos rejeitar a hipótese nula que $\beta_2 = \beta_3 = 0$, isto é, que o aferidor $VPL_{5\text{anos}}$ não é linearmente relacionado com os valores

de compra da biomassa e venda do briquete. Deste modo, aceitamos a hipótese alternativa (H_1) de que são diferentes.

Essa mesma linha de análise e raciocínio serve para as tabelas de regressão 12.15 e 12.16, para todos os parâmetros Y (VPL, TIR e Payback), nos cinco intervalos de tempo (5, 10, 15 e 20 anos) apresentados para as duas fábricas estudadas (FBI e FBC).

Por fim, observa-se que o erro estocástico não está expresso nas equações por ter se mostrado insignificante.

11.6 Conclusão

A análise realizada demonstrou assim que a implantação de um *cluster* de produção de briquetes na região do Baixo-Açu mostrou-se viável nesse estudo, tanto para a fábrica-escola quanto para a fábrica hipotética chamada de fábrica x .

As análises dos 50 fluxos de caixa da fábrica-escola e da fábrica x comprovaram retorno do capital investido (*Payback*) em cinco ou menos anos; Taxas Internas de Retorno bem acima de 10% aa e VPLs bastante próximos do valor do investimento inicial, no décimo ano de operação da fábrica, muitos até superando-os.

Entre os maiores gastos, destacam-se aqueles feitos com frete (média de 28%); em segundo lugar vêm as despesas com compra de matéria-prima (média de 23%).

Constatou-se que para a fábrica-escola o valor de venda da tonelada de briquete a R\$ 250,00 e a R\$ 275,00 é inviável para os cinco preços de matéria-prima estudados; a venda por R\$ 300,00 só não é viável a partir de certo ponto da faixa de preço da matéria-prima acima R\$ 56,00/t, chegando a R\$ 61,60/t já inviável. A venda da tonelada de briquete por um valor igual ou superior a R\$ 325,00 tornam o empreendimento viável para todos os preços de matéria-prima considerados no estudo.

Para a fábrica x apenas a venda a R\$ 250,00 torna o negócio inviável em todas as simulações; a venda a R\$ 275,00 só é inviável a partir de certo ponto da faixa de preço da matéria-prima acima R\$ 56,00/t, chegando a R\$ 61,60/t já inviável. A venda da tonelada de briquete por um valor igual ou superior a R\$ 300,00 tornam o empreendimento viável para todos os preços de matéria-prima considerados no estudo.

A incidência de uma maior alíquota de imposto sobre os faturamentos não contribuiu para reduzir o nível de viabilidade – os tratamentos com os maiores preços de venda são os mais lucrativos, independentemente do imposto cobrado.

Para evitar problemas com a elevação continuada de preços das matérias-primas, tais como o relatado pelo Sr. Luís Carlos Vieira, proprietário da Fábrica Leneco, que começou recebendo a serragem de madeira como doação e hoje paga R\$ 20,00/t, é recomendável que se estabeleça contratos de fornecimentos garantindo o preço por um período de tempo considerável de modo a permitir a gestão dos custos de produção.

Em relação ao capim-elefante, além do contrato de fornecimento, é recomendável que as plantações se localizem o mais perto possível da fábrica, para reduzir ao máximo os custos com transporte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAKANGAS, E. **Wood pellets in Finland: technology, economy and market.** Jyväskylä: Technical Research Center of Finland, 2002. OPET 5. VTT

CHIAVENATTO, I. **Empreendedorismo: dando asas ao espírito empreendedor.** 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

EMBRAPA. **Briquetagem e peletização de resíduos florestais.** Folder. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2012.

FILIPPETTO, D. **Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado.** 2008. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira.** 2008. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília.

HOFFELDER, J. **Pellets de bagaço de cana na matriz energética.** 41 f. Trabalho de conclusão (Bacharelado de Engenharia Química). – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/37074>>. Acesso em: 12 ago. 2009.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

ROSÁRIO, L. M. **Briquetagem visando utilização de resíduos de uma serraria.** 37 f. 2011. Trabalho de Conclusão do Curso (Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro.

ROSSILO-CALLE, F. Uma breve análise do potencial da biomassa no Brasil. **Revista Biomassa & Energia**, V 1, N 3, 2004, p. 225–236.

SERRANO, D. M. C. **Avaliação do Potencial de Produção e Exportação de Pellets Combustível no Polo Florestal da Região Sul do Brasil**. 2009. 104 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.. Disponível em <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000471207>>. Acesso em 13 dez. 2012.

VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. **Estatística experimental**. São Paulo: Editora Atlas, 1989.

ZAKRISSON, M. **A comparison of international pellet production costs**. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 2002. (Examensarbeten, 39).

Determinação do Preço da Energia do Briqueite e da Lenha

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

Sílvio Roberto de Lucena Tavares

12.1 Economia de escala na produção de biocombustíveis sólidos: uma comparação com o mercado brasileiro de etanol

12.2 Preço da energia e poder calorífico do briqueite de palha de carnaúba

12.3 Custo da lenha e do briqueite de palha de carnaúba no Baixo-Açu

RESUMO Não se tem no Brasil, até o momento, o conhecimento da implantação de nenhum *cluster* energético de briquetes, de modo a tornar possível uma análise econômica mais acurada desse mercado ainda inexplorado. Por quanto tempo ele seria imperfeito ou quando se tornaria competitivo o bastante para que as ações de qualquer indivíduo não fossem perceptíveis a ponto de alterar os preços praticados por todos os fabricantes do produto? Para que o mercado de briquetes cresça no Brasil, é preciso que os consumidores primeiro conheçam esse biocombustível o suficiente para tomarem a decisão de usá-lo ou não. Este capítulo apresenta uma análise de custo-benefício do briqueite misto de palha de carnaúba, comparando o seu potencial energético com as diversas espécies lenhosas encontradas no semiárido brasileiro e estabelecendo um preço para a energia disponibilizada pelos dois tipos de biomassa.

12.1 Economia de escala na produção de biocombustíveis sólidos: uma comparação com o mercado brasileiro de etanol

Como não se tem uma contribuição teórica ou prática para análises mais acuradas do comportamento do mercado de briquetes no Brasil, pode-se inferir tendo como base a teoria econômica que, no caso de *clusters* energéticos de briquetes, se aplica muito bem o conceito de economia de escala. Este conceito vem sendo usado na análise de *clusters* de produção de biocombustíveis líquidos – no caso do Brasil mais representado pelo etanol de cana de açúcar.

Uma breve análise para o entendimento sobre economia de escala na instalação e desenvolvimento de *clusters* energéticos locais, regionais ou nacional, pode ser exemplificado pelo setor sucroalcooleiro no Brasil. Existia no passado recente uma preocupação constante dos usineiros com a possibilidade de usinas e destilarias ampliarem sua capacidade de moagem, o que poderia gerar uma competição desenfreada por matéria-prima e, assim, elevar os custos de produção de açúcar e álcool. Entre os anos de 1933 e 1990, o setor foi regulado pelo Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), que controlava todos os aspectos econômicos deste complexo agroindustrial. No momento em que o governo cessou sua regulação sobre tais questões, os atores privados passaram a dispor de liberdade para traçar suas estratégias empresariais.

Segundo Figueira *et al.* (2013), é consenso entre pesquisadores que essa liberalização setorial gerou efeitos positivos para o setor, que ganhou mais eficiência e reduziu os custos de produção, tanto na fase agrícola, como na industrial. Questões como a escala de moagem e a gestão da cadeia de suprimentos são fundamentais para explicar a competitividade e os custos de produção das usinas brasileiras.

Antes mesmo de discutir a questão do tamanho das usinas visando ao ganho econômico de escala, é importante destacar importantes mudanças ocorridas no ambiente institucional e competitivo do setor após a desregulamentação. A mais importante delas foi sem dúvida a entrada de grandes grupos internacionais atuando conjuntamente ou não com grupos brasileiros na aquisição de usinas já existentes (*brownfields*), como pela construção de novas usinas (*greenfields*).

Segundo Figueira *et al.* (2013), essa “mudança de nacionalidade” do capital controlador, somada ao processo de abertura de capital a diversos grupos, transformou a gestão das usinas, antes administradas sobre o processo de gestão familiar. Dessa forma, observa-se uma maior profissionalização dos quadros gerenciais, o que contribuiu para uma maior eficiência e redução de custos

na produção de açúcar e álcool. Assim, acirrou-se a concorrência e o ganho de eficiência passou para o topo das preocupações dos novos gestores do setor.

No caso do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo, o efeito do ambiente competitivo gerou grande concorrência entre os pares, que por sua vez levou a um aumento no tamanho das unidades produtivas como forma de reduzir custos de produção. A teoria econômica denominada de “economia de escala” mostra essas vantagens de custos de unidades produtivas maiores em relação às menores.

Caso exista economia de escala em um setor, empresas com unidades produtivas maiores conseguem produzir com menores custos se comparadas às empresas com menores unidades produtivas. Logicamente, a teoria econômica também reconhece a impossibilidade de ganhos infinitos de escala, existindo, então, um tamanho de otimização das unidades produtivas onde todas as possíveis economias de escala são exploradas.

Segundo Figueira, et al. (2013), os ganhos de escala podem advir de um ou da somatória dos seguintes fatores:

- a) Ganho de especialização – unidades produtivas maiores conseguem expandir sua produção sem elevar, na mesma proporção, o número de funcionários;
- b) Economias geométricas – o produto das unidades produtivas maiores tende a ser proporcional ao volume da unidade, enquanto o custo associado à produção é proporcional à área das unidades processadoras;
- c) Indivisibilidade técnica dos equipamentos industriais: – como nem sempre é possível comprar equipamentos com um tamanho exato para produzir a quantidade de produto desejada, alguns equipamentos das unidades produtivas menores podem estar ociosos, podendo expandir a produção sem elevações proporcionais dos custos;
- d) Compra de insumos – o aumento da capacidade produtiva pode levar a um incremento do poder de negociação com relação aos fornecedores de insumos, podendo gerar redução dos preços dos insumos adquiridos para o processo produtivo;
- e) Facilidade financeira – as maiores empresas podem ter mais facilidade na obtenção de empréstimos junto às instituições bancárias;

- f) Lei dos grandes números – a equipe e os materiais utilizados para a reposição e conserto de peças não se elevam na mesma proporção que o tamanho da unidade produtiva.

Por outro lado, a partir do “tamanho ótimo” da planta industrial, os custos começam a subir em função das deseconomias de escala e estas estão relacionadas aos seguintes fatores:

- a) Preço crescente dos fatores de produção – Como mão de obra empregada e/ou insumos, como o preço da biomassa adquirida pela fábrica de briquetes;
- b) Limitações da eficiência administrativa – Os problemas de administração e supervisão tornam-se progressivamente mais difíceis de solucionar à medida que a escala da unidade produtiva aumenta;
- c) Custo de transporte – O maior tamanho da unidade produtiva pode gerar elevação dos custos de transporte dos insumos adquiridos, vindo de maiores distâncias, por exemplo, ou do transporte para consumidores finais, necessitando ser transportados a maiores distâncias em alguns casos.

Desta maneira, é de se esperar que um dos fatores importantes na determinação do preço da energia do briquete - entre vários outros - será o tamanho das unidades produtoras (usinas) que otimize o ganho de escala na unidade industrial.

12.2 Preço da energia e poder calorífico do briquete de palha e carnaúba

Segundo Gentil (2008), ainda hoje, na maioria das vezes, os biocombustíveis lignocelulósicos são vendidos por massa ou por volume no Brasil. Os briquetes e *pellets* são vendidos em unidades de R\$/t e a lenha em R\$/m³st, cujo valor é convertido para peso utilizando-se a equação:

$$PL = Pst/p \quad [12]$$

Onde:

- PL = preço da lenha (R\$/t)
- Pst = preço do metro estéreo (R\$/m³st)
- p = densidade da lenha (t/m³st)

A questão é que os consumidores precisam da energia da biomassa para gerar calor ou potência em fornalhas, fornos e caldeiras e não simplesmente da sua

massa. As biomassas secas possuem mais calor disponíveis e as úmidas menos, ainda que tenham o mesmo peso. As mais úmidas têm que dissipar toda a água durante a combustão antes de gerar o calor necessário para o processo produtivo para o qual ela foi comprada.

O fato de o consumidor ainda “comprar preço” e não energia é um dos grandes entraves para o crescimento da produção e venda de briquetes e *pellets*, que acabam em desvantagem em relação à lenha, por terem um preço por tonelada maior do que o dela, ainda que possuam um rendimento também maior (GENTIL, 2008). Para o autor, o parâmetro correto na comparação dos preços entre dois biocombustíveis deveria ser a energia efetivamente disponibilizada para ser usada como combustível. Isso é feito através do cálculo do poder calorífico do material.

12.2.1 Cálculo do poder calorífico de um combustível

Poder calorífico é a quantidade de energia térmica liberada durante a queima completa de uma unidade de massa ou de volume de combustível, expressa em kcal/kg, kJ/kg, kcal/m³ ou kJ/m³. Trata-se de um valor teórico, uma vez que sua determinação é feita em uma câmara adiabática (que impede a troca de calor com o meio externo), na qual a amostra é depositada com 0% de umidade e submetida à queima, com medições contínuas da temperatura através de uma bomba calorimétrica. A variação da temperatura registrada pela bomba é então utilizada para calcular a energia liberada pelo combustível – chamado de Poder Calorífico Superior (BRAND, 2010).

$$PCS = (K + M H_2O) \Delta t / m_s \quad [13]$$

Onde:

- K = constante do calorímetro (cal/°C);
- M H₂O = volume da água do calorímetro (2.700 ml);
- M_s = massa seca da amostra e
- Δt = Diferença entre as temperaturas inicial e final da água.

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984)

Porém, mesmo com teor de umidade da massa de 0%, a reação química provocada pela combustão faz com que as moléculas de hidrogênio constituintes do material se unam às de oxigênio formando água, exigindo um gasto de energia para a sua evaporação. Para se ter um valor mais preciso da quantidade de energia

efetivamente disponível no combustível é calculado o PCI ou Poder Calorífico Inferior, que só é igual ao PCS no caso de o material analisado não conter hidrogênio em sua composição. Caso contrário, é excluída a interferência desse vapor d'água produzido durante a combustão no processo de medição do PCS, conforme a equação 14 (BRAND, 2010).

$$\text{PCI} = \text{PCS} - 600 \times 9\text{H} / 100 \quad [14]$$

Onde:

- PCI = Poder Calorífico Inferior (kcal/kg);
- PCS = Poder Calorífico Superior (kcal/kg);
- H = % de hidrogênio presente no material.

O PCI só pode ser usado diretamente se o combustível não apresentar umidade livre, externa. Porém, a maioria dos sistemas de utilização de biomassa para geração de energia não seca o material abaixo de 10%, inclusive os secadores rotativos das fábricas de briquete. Assim, quando o combustível apresentar qualquer teor de umidade livre, deve-se utilizar para o cálculo de energia disponível o Poder Calorífico Útil (PCU), também chamado de Poder Calorífico Líquido (PCL) ou Poder Calorífico Inferior de Base Úmida (BRAND, 2010), expresso na equação 15 (GENTIL, 2008).

$$\text{PCU} = [(\text{PCS} - K) \times (1 - \text{TU}) - (600 \times \text{TU})] / 238,89 \quad [15]$$

Onde:

- PCU = Poder Calorífico Útil;
- PCS = Poder Calorífico Superior;
- K = constante de calor de vaporização da água no calorímetro, no valor de 324 kcal/kg;
- 600 = constante;
- 238,89 = transformação de kcal/kg em MJ/kg ou GJ/t;
- TU = teor de umidade.

A razão entre o preço da lenha (equação 12) e o seu Poder Calorífico Útil (equação 15) resulta no preço da energia útil (PE) do biocombustível, expresso em R\$/ GJ ou em R\$/MJ, conforma a equação 16 (GENTIL, 2008):

$$PE = PL/PCU \quad [16]$$

12.3 Custo da lenha e do brique de palha de carnaúba no Baixo-Açu

O principal concorrente do brique na região do Baixo-Açu é a lenha legal, cortada com permissão oficial e transportada com Documento de Origem Florestal (DOF). A lenha ilegal, sobre a qual não recai nenhum outro custo de produção a não ser de coleta e transporte, não pode ter seus preços comparados com os de nenhuma atividade produtiva regular, pois trata-se de uma atividade criminosa. Além do mais, a consciência cada vez maior da necessidade de frear o processo de desertificação do semiárido potiguar está abrindo paulatinamente o mercado para alternativas energéticas que deem sustentabilidade às atividades econômicas já desenvolvidas nas regiões afetadas.

A lenha legalizada é vendida a um preço médio de R\$ 35,00 o m³st. Para permitir uma melhor comparação entre os gastos com lenha e com brique será usada inicialmente a unidade de peso (tonelada) como unidade para os dois combustíveis. Sendo assim,

- 1 m³st de lenha = 0,21 t (RIEGELHAUPT, 2004). Logo,
- 1 t = 4,76 m³st de lenha = 4,76 x R\$ 35,00 = R\$ 166,67 (custo médio de 1 tonelada de lenha legal da Caatinga na região do Baixo-Açu);

Na comparação entre dois combustíveis, é necessário calcular o poder energético de ambos. Afinal, o que está sendo comprado é energia e não simplesmente peso. Nesse caso, o parâmetro utilizado é o Poder Calorífico Inferior (PCI), medido em kcal/kg. Como o carro-chefe da composição da biomassa do brique é palha de carnaúba, essa matéria-prima será usada como referência, sendo utilizada em 80%, contra 20% de capim-elefante.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2012), o PCS da lenha catada no Brasil é de 3.300 kcal/kg. Este valor, logicamente, corresponde a um valor médio de lenha de várias espécies estudadas em vários biomas nacionais. Algumas dessas espécies estão presentes também no semiárido, como as frutíferas arbóreas mangueira (*Mangifera indica* L.) e cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). Por esse motivo, consideramos relevante levá-lo em consideração na comparação

com o briquete que será produzido no Baixo-Açu potiguar. Porém, é fundamental a utilização de parâmetros técnicos locais, já que sabidamente o poder calorífico médio das espécies da Caatinga é superior ao estabelecido pelo Balanço Nacional.

Dentre as espécies mais energéticas do semiárido que representam o extremo de poder calórico da lenha da região destacam-se a jurema preta (*Mimosa hostilis Benth.*) e a algaroba (*Prosopis juliflora* L). Assim, para que as comparações de custo de aquisição da lenha e do briquete ficassem mais próximas da realidade local, foram considerados também o preço da energia das duas espécies acima. Deve-se ressaltar, no entanto, que das duas espécies locais indicadas para o contraste de preço de aquisição, apenas uma, a algaroba, pode ser comercializada sem o Documento de Origem Florestal (DOF) por se tratar de uma espécie exótica ao bioma. No caso da jurema preta, toda a produção de lenha deve ser oriunda de Plano de Manejo Florestal devidamente licenciado pelos órgãos ambientais e transportada com o referido DOF, práticas geralmente não respeitadas na região o que torna a atividade de corte e comercialização dessa madeira ilegal.

As Tabelas 13.1, 13.2 e 13.3 mostram a comparação de preços de aquisição da unidade energética de calor (kcal) das lenhas genérica, de jurema preta e de algaroba respectivamente, de acordo com as variações de umidade e, conseqüentemente, de Poder Calorífico Útil (PCU) de cada uma delas. Os valores encontrados para a kcal dessas biomassas a cada teor de umidade são cotejados com os preços da kcal do briquete com 80% de palha de carnaúba e 20 % de capim elefante. Os PCUs foram calculados a partir dos PCS abaixo:

- PCS da lenha catada = 3.300 kcal/kg (MME,2012);
- PCS da lenha de jurema preta = 4.150 kcal/kg (OLIVEIRA et al, 1999; CUNHA, 2012);
- PCS da lenha de algaroba = 4.935 kcal/kg (OLIVEIRA et al, 1999; PEREIRA; LIMA, 2002; CUNHA, 2012);
- PCS do briquete composto 80% de palha de carnaúba e 20% de capim elefante = 4318 kcal/kg (SANTOS, 2012);
- PCS do briquete composto 100% de palha de carnaúba = 4395 kcal/kg (SANTOS, 2012).

Para fins de cálculo, Tavares e Santos (2012), estabeleceram os seguintes coeficientes técnicos para os briquetes de carnaúba puros e em composição com capim elefante:

- % de H na palha de carnaúba = 5,61%;
- % de H no capim-elefante = 6,48%;
- % de umidade na palha de carnaúba = 9,98%;
- % de umidade no capim elefante = 9,73%.

Aplicando-se a fórmula 14, obtivemos os seguintes valores para os Poderes Caloríficos Inferiores dos materiais testados:

- PCI da lenha catada = 2.976 kcal/kg;
- PCI da lenha de jurema = 3.826 kcal/kg;
- PCI da lenha de algaroba = 4.611 kcal/kg;
- PCI do briquete composto 100% de palha de carnaúba = 4.092 kcal/kg;
- PCI do briquete composto 80% de palha de carnaúba e 20% de capim elefante = 3.994 kcal/kg.

Conforme os dados acima indicam, o PCI do briquete com 100% de carnaúba e 80% de carnaúba + 20% de capim-elefante são 37% e 34% maiores respectivamente do que o PCI da lenha catada, obtido através do PCS definido pelo BEN e que na região. Este resultado é coerente com os alcançados por Morais (2007), em um dos poucos trabalhos sobre o consumo específico de lenha e briquete de madeira em indústrias de cerâmica vermelha no Brasil. Segundo ele, o rendimento da lenha nos fornos de Goiás era 31,45% menor do que o rendimento do briquete.

Tomando como média um rendimento do briquete de palha de carnaúba pura e em composição com capim-elefante, podemos estabelecer um rendimento médio a favor do uso do briquete como biocombustível de 35% a mais em relação à lenha. Ou seja: para se ter a mesma quantidade de energia contida em 1 tonelada de briquete de palha de carnaúba é necessário adquirir 35% a mais de lenha em peso. No caso dos consumidores de lenha legal do Baixo-Açu, que compra a tonelada de lenha legal por R\$ 166,67, o gasto para obter, com este combustível, a mesma quantidade de energia que teriam com briquete seria de:

$$\text{R\$ } 166,67 + 35\% = \text{R\$ } 225,00$$

Já o PCI da lenha de jurema preta é apenas 4,39% inferior do que o do briquete misto, o que faz mudar o cálculo do preço da tonelada de energia desse energético florestal.

$$\text{R\$ } 166,67 + 4,39\% = \text{R\$ } 174,00$$

No caso da lenha da algaroba, cujo PCI é 15,45% superior ao do briquete, o preço da respectiva tonelada de energia é bem inferior aos das demais biomassas, conforme o cálculo abaixo.

$$\text{R\$ } 166,67 - 15,45\% = \text{R\$ } 141,00$$

De acordo com os cálculos acima, pode-se afirmar que R\$ 225,00, R\$ 174,00 e R\$ 141,00 são o preço da “tonelada de energia” das lenhas genérica, de jurema preta e de algaroba equivalentes à “tonelada de energia” fornecida pelo briquete misto de palha de carnaúba e capim-elefante.

Não se pode deixar de considerar, no entanto, que além da umidade intrínseca à biomassa que é descontada no cálculo do PCI, os materiais são submetidos à umidade externa. Como o briquete é um produto manufaturado, a umidade pode ser controlada em qualquer parte do ano. Com uma estocagem adequada é possível manter um padrão de fornecimento de energia por tonelada, de modo que o consumidor saiba exatamente o que está adquirindo.

Já com a lenha a precisão acima não é possível. A lenha é disponibilizada tal qual encontrada na natureza. Na estação chuvosa, por exemplo, ela é vendida úmida, com um poder calorífico inferior àquele comum durante a estiagem. Quanto mais úmida a biomassa, menor é seu Poder Calorífico Útil. Essa é a real quantidade de energia térmica que o biocombustível sólido irá fornecer na sua utilização como fonte de geração e manutenção de calor. O entendimento desse aspecto é fundamental na hora de optar por um ou outro combustível.

Na Tabela 12.1, é mostrada a comparação dos preços da energia do briquete misto (80% de palha de carnaúba e 20% de capim-elefante) com os preços da energia da lenha catada. O PCU do briquete foi calculado em 3.627 kcal/kg, de acordo com os parâmetros definidos por Tavares e Santos (2012); já o PCU da lenha catada foi calculado a partir do PCS que consta no BEN – Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2012) para a lenha catada em todo o Brasil de uma forma geral.

Como se pode observar, a relação custo-benefício da lenha em relação ao briquete diminui conforme aumenta o seu teor de umidade, a ponto de o briquete se mostrar bem mais viável economicamente a partir de um teor de umidade da lenha próximo a 10% (a média de umidade para a madeira, de acordo com o BEN é de 25%).

Tabela 12.1 – Equivalência de preços da energia oriunda da lenha catada e do briquete na região do Baixo-Açu.

TEOR DE UMID. (%)	LENHA R\$ (energia/t)	BRIQUETE R\$ (energia/t)	BRIQUETE PE (R\$/kcal)	DIFERENÇA DE PREÇOS (%) *
0	R\$ 225,00/t (PCU = 2.976 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000756/kcal	250,00	0,0000689	8,83
		275,00	0,0000758	0,28
		300,00	0,0000827	9,40
		325,00	0,0000896	18,52
		350,00	0,0000965	27,64
10	R\$ 225,00/t (PCU = 2.941 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000859/ kcal	250,00	0,0000689	19,80
		275,00	0,0000758	11,78
		300,00	0,0000827	3,76
		325,00	0,0000896	4,26
		350,00	0,0000965	12,28
20	R\$ 225,00/t (PCU = 2.261 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000995/ kcal	250,00	0,0000689	30,74
		275,00	0,0000758	23,81
		300,00	0,000087	16,88
		325,00	0,0000896	9,96
		350,00	0,0000965	3,03
30	R\$ 225,00/t (PCU = 1.903kcal/kg) PE = R\$ 0,0001182/ kcal	250,00	0,0000689	41,70
		275,00	0,0000758	35,87
		300,00	0,0000827	30,04
		325,00	0,0000896	24,21
		350,00	0,0000965	18,38
40	R\$ 225,00/t (PCU = 1.546 kcal/kg) PE=R\$ 0,0001455/kcal	250,00	0,0000689	52,64
		275,00	0,0000758	47,90
		300,00	0,0000827	43,17
		325,00	0,0000896	38,43
		350,00	0,0000965	33,69
50	R\$ 225,00/t (PCU = 1.188 kcal/kg) PE = R\$ 0,0001894	250,00	0,0000689	63,61
		275,00	0,0000758	59,97
		300,00	0,0000827	56,33
		325,00	0,0000896	52,69
		350,00	0,0000965	49,05

Nota: (*) As marcações em vermelho expressam vantagem percentual do briquete em relação à lenha; os demais valores expressam a vantagem da lenha sobre o briquete.

Fonte: Tavares (2013).

Na Tabela 12.2 é exposta a equivalência do preço da energia, em kcal/kg, do briquete em relação à lenha de jurema preta (*Mimosa hostilis*, Benth), espécie típica do Bioma Caatinga, bastante valorizada na região como lenha devido ao seu alto PCS. O PCU da lenha da jurema preta foi calculado a partir da média dos PCS definidos pelos estudos de Oliveira et al (1999) e Cunha (2012) e se mostrou ligeiramente mais baixo do que o do briquete misto de palha de carnaúba e capim-elefante. Para teores de umidade de 40% a jurema preta perde em custo-benefício para o briquete vendido a R\$ 250,00 e R\$ 300,00; com umidade a partir de 50% verifica-se a clara vantagem do briquete sobre a lenha nativa de jurema preta.

Tabela 12.2 – Equivalência de preços da energia oriunda da lenha de jurema preta e do briquete na região do Baixo-Açu.

TEOR DE UMID. (%)	LENHA R\$ (energia/t)	BRIQUETE R\$ (energia/t)	BRIQUETE PE (R\$/kcal)	DIF. DE PREÇOS (%)*
0	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	51,56
	(PCU = 3.826 kcal/kg)	275,00	0,0000758	66,72
	PE = R\$ 0,0000455/	300,00	0,0000827	81,87
	kcal	325,00	0,0000896	97,03
		350,00	0,0000965	112,19
10	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	34,01
	(PCU = 3.383 kcal/kg)	275,00	0,0000758	47,41
	PE = 0,0000514/ kcal	300,00	0,0000827	60,81
		325,00	0,0000896	74,22
		350,00	0,0000965	87,62
20	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	16,50
	(PCU = 2.941 kcal/kg)	275,00	0,0000758	28,15
	PE = 0,0000592/ kcal	300,00	0,0000827	39,80
		325,00	0,0000896	51,45
		350,00	0,0000965	63,10
30	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	1,05
	(PCU = 2.498 kcal/kg)	275,00	0,0000758	8,85
	PE = R\$ 0,0000697/	300,00	0,0000827	18,75
	kcal	325,00	0,0000896	28,64
		350,00	0,0000965	38,54
40	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	18,55
	(PCU = 2.056 kcal/kg)	275,00	0,0000758	10,41
	PE = R\$ 0,0000846/	300,00	0,0000827	2,27
	kcal	325,00	0,0000896	5,88
		350,00	0,0000965	14,02
50	R\$ 174,00/t	250,00	0,0000689	36,10
	(PCU = 1.613 kcal/kg)	275,00	0,0000758	29,71
	PE = R\$ 0,0001079	300,00	0,0000827	23,32
		325,00	0,0000896	16,93
		350,00	0,0000965	10,54

Nota: (*) As marcações em vermelho expressam vantagem percentual do briquete em relação à lenha; os demais valores expressam a vantagem da lenha sobre o briquete.

Fonte: Tavares (2013).

Na Tabela 12.3 repetimos o mesmo exercício com a lenha da algaroba (*Prosopis Juliflora*), uma das preferidas dos consumidores de energéticos florestais também pelo seu alto poder calorífico. Mais uma vez, calculamos a média dos PCS da algaroba contidos nos trabalhos de Oliveira et al (1999), Pereira e Lima (2002) e Cunha (2012) para comparar os preços da kcal de energia de acordo com os teores de umidade apresentados.

Tabela 12.3 – Equivalência de preços da energia oriunda da lenha de algaroba e do briquete na região do Baixo-Açu.

TEOR DE UMID. (%)	LENHA R\$ (energia/t)	BRIQUETE R\$ (energia/t)	BRIQUETE PE (R\$/kcal)	DIFERENÇA DE PREÇOS (%) *
0	R\$ 141,00/t (PCU = 4.611 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000306/kcal	250,00	0,0000689	125,41
		275,00	0,0000758	147,95
		300,00	0,0000827	170,49
		325,00	0,0000896	193,03
		350,00	0,0000965	215,57
10	R\$ 141,00/t (PCU = 4.090 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000345/kcal	250,00	0,0000689	99,94
		275,00	0,0000758	119,93
		300,00	0,0000827	139,93
		325,00	0,0000896	159,92
		350,00	0,0000965	179,91
20	R\$ 141,00/t (PCU = 3.569 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000395/kcal	250,00	0,0000689	74,47
		275,00	0,0000758	91,92
		300,00	0,0000827	109,36
		325,00	0,0000896	126,81
		350,00	0,0000965	144,26
30	R\$ 141,00/t (PCU = 3.048 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000463/kcal	250,00	0,0000689	49,00
		275,00	0,0000758	63,90
		300,00	0,0000827	78,80
		325,00	0,0000896	93,70
		350,00	0,0000965	108,60

Tabela 12.3 – Equivalência de preços da energia oriunda da lenha de algaroba e do briquete na região do Baixo-Açu.

TEOR DE UMID. (%)	LENHA R\$ (energia/t)	BRIQUETE R\$ (energia/t)	BRIQUETE PE (R\$/kcal)	DIFERENÇA DE PREÇOS (%) *
40	R\$ 141,00/t (PCU = 2.527 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000558/kcal	250,00	0,0000689	23,53
		275,00	0,0000758	35,88
		300,00	0,0000827	48,24
		325,00	0,0000896	60,59
		350,00	0,0000965	72,94
50	R\$ 141,00/t (PCU = 2.006 kcal/kg) PE = R\$ 0,0000703/kcal	250,00	0,0000689	1,94
		275,00	0,0000758	7,87
		300,00	0,0000827	17,68
		325,00	0,0000896	27,48
		350,00	0,0000965	37,29

Nota: (*) As marcações em vermelho expressam vantagem percentual do briquete em relação à lenha; os demais valores expressam a vantagem da lenha sobre o briquete.

Fonte: Tavares (2013).

A análise da Tabela 12.3 nos permite chegar à conclusão que, diante de um PCU tão alto como o da algaroba, torna-se muito difícil sua substituição pela lenha artificial, uma vez que a própria natureza dotou esse vegetal das características que a tecnologia tenta acrescentar às biomassas artificiais, como é o caso do briquete. Contudo, há que se considerar que, como no Rio Grande do Norte não existem florestas energéticas de algaroba, o fato de a lenha dessa árvore apresentar uma relação custo-benefício excepcional não significa que hoje seja possível atender, apenas com ela, a uma parcela considerável da demanda por lenha e carvão vegetal.

Por fim, a Tabela 12.4 traz a comparação de preço da quilocaloria de energia das biomassas primárias (lenha genérica, jurema preta e algaroba) e do briquete misto de palha de carnaúba e capim-elefante que será produzido na fábrica-escola de Ipanguaçu. Se considerarmos que não existe lenha disponibilizada na natureza com zero por cento de umidade e que o teor médio de umidade do material lenhoso se situa acima dos 20% (25% de acordo com o BEN), pode-se observar que a partir dessa faixa, metade das 60 simulações se mostraram favoráveis ao uso do briquete.

Tabela 12.4 — Relação preço do briquete / preço da lenha genérica, de jurema preta e de algaroba de acordo com os respectivos teores de umidade.

ESPÉCIES DE LENHA	PREÇO DO BRIQUETE (R\$/t)	PREÇO DA ENERGIA DO BRIQUETE (R\$/Kcal)	TEORES DE UMIDADE DOS DIFERENTES TIPOS DE LENHA					
			0%	10%	20%	30%	40%	50%
Lenha catada (R\$ 225,00/t)	250,00	0,0000689	8,83	19,80	30,74	41,70	52,64	63,61
	275,00	0,0000758	0,28	11,78	23,81	35,87	47,90	59,97
	300,00	0,0000827	9,40	3,76	16,88	30,04	43,17	56,33
	325,00	0,0000896	18,52	4,26	9,96	24,21	38,43	52,69
	350,00	0,0000965	27,64	12,28	3,03	18,38	33,69	49,05
Jurema preta (R\$ 174,00/t)	250,00	0,0000689	51,56	34,01	16,50	1,05	18,55	36,10
	275,00	0,0000758	66,72	47,41	28,15	8,85	10,41	29,71
	300,00	0,0000827	81,87	60,81	39,80	18,75	2,27	23,32
	325,00	0,0000896	97,03	74,22	51,45	28,64	5,88	16,93
	350,00	0,0000965	112,19	87,62	63,10	38,54	14,02	10,54
Algaroba (R\$ 141,00/t)	250,00	0,0000689	125,41	99,94	74,47	49,00	23,53	1,94
	275,00	0,0000758	147,95	119,93	91,92	63,90	35,88	7,87
	300,00	0,0000827	170,49	139,93	109,36	78,80	48,24	17,68
	325,00	0,0000896	193,03	159,92	126,81	93,70	60,59	27,48
	350,00	0,0000965	215,57	179,91	144,26	108,60	72,94	37,29

• Vantagem do briquete • Vantagem da lenha
Fonte: Tavares (2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: determinação do poder calorífico superior, NBR 8633. [Rio de Janeiro], 1984.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2012**: ano base 2011. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

CUNHA, A. B. **Análise das propriedades físicas, mecânicas e energéticas da parte aérea e tronco de algaroba (Prosopis Juliflora)**. 2012. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em <http://bdm.bce.unb.br/bitstream/10483/4438/1/2012_AndreBarretoCunha.pdf>. Acesso em 10 nov. 2012.

FIGUEIRA, S. R. F.; PEROSA, B. B. & BELIK, W. Usinas de açúcar e álcool: Impacto na desregulamentação e da concorrência. **Agroanalysis**, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, v. 33, n. 03, p. 23–25, 2013.

GENTIL, L. V. B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. 2008. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília.

MORAIS, D. M. **Briquetes de resíduos ligno-celulósicos como potencial energético para a queima de blocos cerâmicos**: aplicação em uma indústria de cerâmica vermelha que abastece o Distrito Federal. 2007. 229 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil). Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<http://repositorio.bce.unb.br/handle/10482/3574?mode=full>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

OLIVEIRA, M. R. de et al. Estudo das condições de cultivo da algaroba e jurema preta e determinação do PC. **Revista de Ciência & Tecnologia**, São Paulo, v. 14, p. 93–104, 1999.

PEREIRA, J. C. D; LIMA, P. C. F. **Comparação da qualidade da madeira de seis espécies de algarobeira para a produção de energia**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. (Embrapa Florestas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 45).

RIEGELHAUPT, E. **Revisão e atualização da oferta e demanda de energéticos florestais no Nordeste**. Brasília, 2004. Relatório Final do Consultor – Projeto TCP/BRA/2909.

SANTOS, T. E. **Potencial de uso de biomassa vegetal para produção de briquetes na região do Baixo-Açu, no Rio Grande do Norte**. 2012. 47 f. Trabalho de conclusão de Curso (Engenharia de Bioprocessos) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

TAVARES, S. R. de L. & SANTOS, T. E. dos. **Potencial de uso de biomassa vegetal para a produção de briquetes na região do Baixo-Açu no Rio Grande do Norte**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 7; BIOTECH FAIR, 5., 2012, São Paulo.

Capítulo 13

O Projeto Caatinga Viva e os Possíveis Impactos Ambientais e Sociais da Instalação de um APL de Briquetes no Baixo-Açu Potiguar

Marília Amaral de Moura Estevão Tavares

Sílvio Roberto de Lucena Tavares

Ivan Targino Moreira

13.1 O Projeto Caatinga Viva e o PAN-Brasil

13.2 Impactos ambientais

13.3 Geração de trabalho e renda

RESUMO A instalação de um *cluster* de produção de briquetes na região do Baixo-Açu, capaz de atender tanto às demandas das indústrias locais quanto das famílias, pode ajudar a mitigar os efeitos da devastação da Caatinga, dar maior segurança energética às empresas, sobretudo àquelas do segmento de cerâmica vermelha, além de ampliar o leque de alternativas de geração de ocupação e renda para os trabalhadores extrativistas da carnaúba e pequenos produtores rurais. De acordo com esse estudo, para suprir toda a demanda por lenha e carvão vegetal de quase 120 mil toneladas seriam necessárias 25 fábricas de igual porte à que está sendo construída pelo Projeto Caatinga Viva, no Campus Ipangaçu do IFRN. Se essa demanda fosse plenamente atendida, cerca de 5 mil hectares deixariam de ser devastados todos os anos e aproximadamente R\$ 30 milhões poderiam ser injetados, também anualmente, na economia da região, através do faturamento bruto das usinas que nela se instalarem.

13.1 O Projeto Caatinga Viva e o PAN-Brasil

Conforme o texto preliminar do PNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2011), apesar das inviabilidades técnicas e de logísticas que em grande parte das vezes impedem um maior aproveitamento dos resíduos agro-silvo-pastoris, estudos específicos em algumas regiões apontam para a possibilidade de aumento da participação da biomassa na matriz energética. Assim, a primeira diretriz do PNRS para a gestão dessa categoria de resíduos é o desenvolvimento de tecnologias para o seu aproveitamento.

De modo que o Projeto Caatinga Viva está totalmente aderido às propostas elencadas não só pelo PNRS como também pelo Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, o PAN-Brasil (BRASIL, 2004), e pelo seu equivalente estadual, o PAE-RN (RIO GRANDE DO NORTE, 2010). O Projeto tem como objetivo servir de base para a proposição de políticas públicas para a promoção do desenvolvimento sustentável de áreas cujos biomas estejam ameaçados pelo desmatamento insustentável da mata nativa para fins energéticos e que, ao mesmo tempo, apresentem condições de abrigarem um APL para produção de biocombustíveis sólidos adensados, como briquetes e *pellets*, como é o caso da região do Baixo-Açu.

13.2 Impactos ambientais

Mais de 90% da lenha e do carvão vegetal consumidos no Rio Grande do Norte ainda procedem da mata nativa, explorada na maior parte das vezes de forma insustentável, com custos relevantes ao meio ambiente (ARAÚJO, 2010). Na região do Baixo-Açu, o processo de desertificação se apresenta de forma grave, constituindo-se em um problema para a continuidade das atividades econômicas locais e para a vida das pessoas de uma forma geral (Figura 13.1).



Figura 13.1– Caracterização das áreas de ocorrência de desertificação no RN.

Fonte: Carvalho et al. (2000).

Viável do ponto de vista econômico e financeiro, a instalação da fábrica de briquetes de Ipangaçu pode contribuir de forma significativa para a reversão do quadro de devastação do Bioma Caatinga na região, conforme raciocínio detalhado abaixo:

- Incremento Médio Anual da Caatinga (crescimento anual da vegetação do semiárido) = $10 \text{ m}^3\text{st/ha/ano}$ ou $2,1 \text{ t/ha/ano}$ (GARIGLIO, 2010). ;
- Tempo de recomposição da Caatinga = 15 anos (RIEGELHAUPT et al., 2010);
- 1 hectare da Caatinga = $2,1 \text{ t/ha/ano} \times 15 = 31,5 \text{ t}$ de vegetação nativa;
- PCI da lenha catada = 2.976 kcal/kg (BRASIL, 2012);
- PCI do briquete composto por 80% de palha de carnaúba e 20% de capim elefante = 3.983 kcal/kg (SANTOS,2012), 34% superior ao PCI da lenha;
- Logo, 4.800 t de briquete = 6.432 t de lenha ($4.800 \text{ t} + 34\%$);
- Sendo $31,5 \text{ t}$ de lenha = 1 ha, então 6.432 t de lenha = $204,19 \text{ ha}$ (área que deixará de ser devastada com a instalação da fábrica de briquetes de Ipangaçu);
- Demanda total por lenha = $569.929,21 \text{ m}^3\text{st/a}$ ou $119.685,13 \text{ t/a}$;
- Nº de fábricas necessárias para suprir a demanda total por lenha = $119.685 \text{ t} / 4.800 \text{ t} = 25$;¹⁹
- Área que deixaria de ser devastada por ano com 25 fábricas de briquetes operando na região = $5.104,76 \text{ ha/ano}$.

Outra solução para equilibrar a balança oferta-demanda por lenha seria implantar um plano de manejo eficiente da vegetação da Caatinga de modo a suprir toda essa demanda por energéticos nos nove municípios que compõem o Baixo-Açu. O plano de manejo consiste na divisão de um terreno em um número x de talhões igual ao número de anos que a vegetação cortada leva para voltar ao estado original. A demanda de cada ano é suprida pelo desmatamento de apenas um talhão. Para que a mata se recomponha, no ano seguinte é cortada a mata do 2º talhão e assim por diante, até retornar ao primeiro, já com a vegetação em ponto de corte novamente.

Conforme visto acima, o tempo necessário para a Caatinga se recompor é de 15 anos em média (RIEGELHAUPT et al., 2010). Isso significa que para atender à demanda

¹⁹ Considera-se, para efeitos de modelo, a capacidade de produção da fábrica-escola, que está sendo construída no Campus Ipangaçu do IFRN (4.800 t/ano). Evidentemente que o número de fábricas vai depender do porte das mesmas.

por lenha, o responsável pelo plano de manejo teria que fazer o corte em 15 talhões de 204,19 ha, o que exigiria uma propriedade de 3.062,85 ha (30,62 km²) para se igualar à oferta de apenas uma fábrica de briquetes durante todo esse tempo.

Se o objetivo fosse fazer plano de manejo para suprir todo o mercado, seria necessário dispor de uma área de 76.571,25 ha (3.062,85 ha x 25 fábricas) ou 765 km² – praticamente a área ocupada pelo Município de Macau. Obviamente, não é possível se dispor de uma área contínua de tal tamanho. Logo, a execução de plano de manejo da Caatinga com objetivo de suprir, de forma legal, toda a demanda por energéticos da região, é absolutamente inviável, o que justificaria a criação de um APL de produção de biocombustíveis adensados na região do Baixo-Açu.

Por fim, a produção de um briquete à base dos substratos da carnaúba pode significar um incentivo a mais para a preservação desta que é chamada de “árvore da vida” por causa dos inúmeros usos que suas partes permitem. Produzir energia a partir dos resíduos da produção de cera de carnaúba é dar um destino nobre a um material que hoje é simplesmente jogado e abandonado no meio ambiente.

13.3 Geração de trabalho e renda

A despeito de suas potencialidades, os municípios do Baixo-Açu, tomados em conjunto, apresentam um percentual de pobres maior do que a média estadual, de 56,73%, contra 52,27% do Rio Grande do Norte (IBGE, 2010), que está, por sua vez, entre os estados mais pobres do País (Figura 13.2).

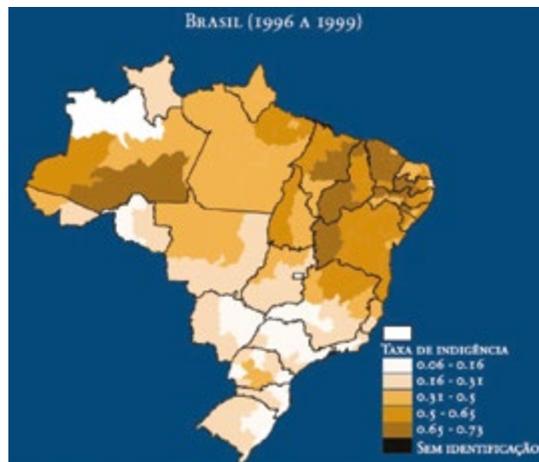


Figura 13.2 – Nível de indigência por mesorregião.

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2004).

Dentro dessa perspectiva, a criação de mais um segmento – o da bioenergia – para participar da cadeia produtiva principalmente da Indústria de Cerâmica Vermelha, pode ser uma forma eficiente de resolver o problema do desequilíbrio entre oferta e demanda de lenha na região e, ao mesmo tempo, promover a geração novos postos de trabalho e preservação dos já existentes, dinamizando a economia dos nove municípios estudados.

A instalação da fábrica-escola de briquetes de Ipangaçu pode contribuir com mais de R\$ 1,4 milhão ao ano à economia da região, dos quais: R\$ 112.135,00 pagos em salários a sete funcionários; R\$ 80.640,00 pagos a carnaubeiros (considerando o valor da palha em R\$ 15,00/t) e R\$ 107.520,00 a agricultores, fornecedores de capim-elefante. O lucro líquido, estimado entre R\$ 156 mil e R\$ 680 mil também seria gasto, em grande parte, na própria região.

Além de contribuir para a economia do Baixo-Açu, a fábrica-escola funcionaria como o embrião de um Arranjo Produtivo Local voltado à produção de biocombustíveis adensados. Partindo-se do princípio da substituição total da lenha pelo briquete e ignorando a pequena oferta computada pelo IBGE de madeira nativa (70.564,75 m³st/ano ou 14.818,60 t/a), a demanda total por lenha na região, incluindo a transformada em carvão vegetal, é de 569.929,21 m³st/ano ou 119.685,13 t/ano. Para atendê-la, seriam necessárias 25 fábricas de briquete com a mesma capacidade de produção da fábrica-escola (4.800 t/ano).

Com um preço médio de venda do briquete estimado em R\$ 300,00 a tonelada, a expectativa de faturamento anual das empresas do APL seria de R\$ 30.240.000,00; o número de empregos diretos gerados seria em torno de 175, que receberiam cerca de R\$ 2,8 milhões ao ano em salários, além dos salários indiretos de prestadores de serviço; a produção de briquetes absorveria todo o resíduo da produção de cera de carnaúba disponível (30.310 t), gerando R\$ 454,65 mil de uma renda que não existia antes para cerca de mil carnaubeiros da região; haveria ainda a necessidade de inclusão dos agricultores da região na nova atividade econômica, como produtores de espécies vegetais energéticas para complementar a quantidade de biomassa necessária para atender a toda demanda de lenha e carvão vegetal da região.

Para suprir as cinco fábricas de briquete misto de palha de carnaúba com capim-elefante, seriam necessárias 6.720 t/ano deste último; para suprir totalmente as outras 20 fábricas de capim-elefante como matéria-prima exclusiva, seriam necessárias mais 134.400 t, totalizando 141.120 t a serem plantadas na região. Vendidas a R\$ 80,00 a tonelada, a quantidade de dinheiro gerada, por ano, para

produção de biomassa para fins energéticos no Baixo-Açu poderia ultrapassar R\$ 11 milhões ao ano.

De acordo com os estudos de Tavares e Santos (2012), expostos no capítulo 12 deste trabalho, o capim-elefante se apresenta como uma espécie de gramínea que reúne as qualidades requeridas para o processo de adensamento ligno-celulósico com bons índices de produtividade e baixos custos de produção no campo. Como essa espécie de gramínea pode alcançar, com irrigação e manejo adequados, uma produtividade de 80t/ha, seriam necessárias 1.764 hectares/ano (141.121 t / 80 t/ha) para cultivo do capim para, associadamente à palha de carnaúba, produzir briquetes suficientes para os consumidores residenciais e industriais locais, de modo a interromper o desmatamento do Bioma Caatinga.

Divididos em módulos de três hectares, tamanho padrão das propriedades onde se desenvolve a agricultura familiar, a produção de capim-elefante pode gerar ocupação e renda para 588 famílias de pequenos agricultores. Caso sejam plantados em escala empresarial, as culturas de capim poderão ocupar quase seis pivôs centrais de irrigação, com 100 hectares cada.

Os cálculos acima ilustram uma situação ideal, que dificilmente se concretizaria matematicamente da mesma forma. Contudo, eles servem para mostrar que, devido às suas características, de seu potencial hídrico e gerador de resíduos agroindustriais, a região do Baixo-Açu pode abrigar um APL de produção de biocombustíveis, contribuindo significativamente para um salto na qualidade de vida dos seus moradores tanto no aspecto econômico quanto no ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. S. de. **Manejo de espécies florestais para produção de madeira, forragem e restauração de áreas degradadas**. Caicó: Emparn, 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2012**: ano base 2011. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca**. Brasília, 2004. Disponível em <www.ibama.gov.br/rn/wp-content/files/2009/05/PAN_BRASIL.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2011.

CARVALHO, A. E. de; GARIGLIO, M. A.; BARCELLOS, N. D. E. **Caracterização das áreas de ocorrência de desertificação no Rio Grande do Norte**. Natal: [s.n.], 2000.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. de S.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.

IBGE **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 10 set. 2011.

RIEGELHAUPT, E. et al. O manejo florestal na caatinga: resultados da experimentação. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. de S.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **História dos comitês de bacias do Rio Grande do Norte**. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/semarh/programas/gerados/comitesdebacias.asp>>. Acesso em>10 mar. 2012.

SANTOS L. D. **Concorrência e cooperação em arranjos produtivos locais: o caso do polo de informática de Ilhéus, BA**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005. Disponível em: <www.bibliotecadigital.ufba.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=260>. Acesso em: 10 out. 2010.

TAVARES, S. R. de L.; SANTOS, T. E. dos. **Potencial de uso de biomassa vegetal para a produção de briquetes na região do Baixo-Açu no Rio Grande do Norte**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 7; BIOTECH FAIR, 5., 2012, São Paulo.





De acordo com a definição da *Convenção de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca* (CCD), realizada em 1994, desertificação é a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas. É um processo que resulta de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas. No caso do Semiárido brasileiro, o mais populoso do mundo, com 23 milhões de habitantes, a principal causa desse fenômeno é o desmatamento da Caatinga, seja para ampliar as áreas de plantio e pastagem, seja para fornecer madeira para os fornos das indústrias locais.

Esta obra parte do estudo da realidade da região do Baixo-Açu potiguar, uma das áreas com os piores índices de desenvolvimento humano do País, a qual se encontra em franco processo de desertificação. Com base nessa realidade, o livro propõe a produção de um biocombustível que consiga amenizar a pressão antrópica sobre o meio ambiente e, ao mesmo tempo, preservar os empregos ora existentes e criar outros: os briquetes. Apesar de só recentemente terem começado a ser produzidos em maior escala no País, os briquetes ainda são ilustres desconhecidos da maior parte da população brasileira.



PARCERIA



PATROCÍNIO

