



UNILA

Universidade Federal
da Integração
Latino-Americana

PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
FUNDAÇÃO PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS
RENOVÁVEIS COM ÊNFASE EM BIOGÁS

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIOMASSA
RESIDUAL DE SUINOCULTURA COM INSERÇÃO DE CULTURAS
ENERGÉTICAS**

DANGELA MARIA FERNANDES

Foz do Iguaçu, PR - Brasil

2013

Dangela Maria Fernandes

**POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIOMASSA
RESIDUAL DE SUINOCULTURA COM INSERÇÃO DE CULTURAS
ENERGÉTICAS**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Energias Renováveis, com Ênfase em Biogás, pela Universidade Federal da Integração Latino-Americana.

Orientadora: Prof^{ra}. Dr.^a Janine Padilha Botton

Foz do Iguaçu, PR - Brasil

2013

533.73 Fernandes, Dangela Maria.
F363p

Potencial de Produção de Biogás a Partir da Biomassa Residual de Suinocultura Com Inserção de Culturas Energéticas. / Dangela Maria Fernandes. -- Foz do Iguaçu, 2013.
96 f.: il.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis Com Ênfase em Biogás) -- Universidade Federal da Integração Latino Americana, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

Bibliografia.

Orientadora: Prof. Dr.^a Janine Padilha Botton

1. Biogás. 2. Energias Renováveis. I. Título.

Dedico esta, assim como todas as demais conquistas, aos meus pais, Maria e Valter, por serem meu exemplo de dedicação, seriedade e comprometimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela constante presença em minha vida, guiando sempre meus passos pelos melhores caminhos e com as melhores pessoas.

A minha família, pelo amor, incentivo e sonho conjunto não apenas neste trabalho, mas em todos os acontecimentos de minha vida.

A Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), aos professores e aos tutores, que contribuíram para o meu desenvolvimento profissional.

A minha orientadora, professora Janine Padilha Botton, por sua diligência nesta importante etapa da minha vida profissional.

Aos meus colegas de pós-graduação, pelas experiências compartilhadas, troca de conhecimento e amizade que construímos ao longo do curso.

Ao Centro Internacional de Energias Renováveis Com Ênfase em Biogás (CIER-Biogás), pela disponibilização de dados e oportunidade de crescimento profissional.

Finalmente, agradeço a todos que de alguma forma, corroboraram na concretização deste trabalho.

"Decifra-me ou te devoro."

Sófocles

RESUMO

A economia rural sustentável no atual modelo de produção da agricultura no Brasil, torna-se viável a partir da inclusão da agroenergia em propriedades rurais, com base na produção de alimentos e energia, incentivada pela tecnologia de saneamento ambiental com o tratamento da biomassa residual em biodigestores. Neste contexto, este estudo visa aumentar a produção de biogás na Bacia Hidrográfica do Paraná 3, a partir da utilização de silagens de culturas energéticas com efluente de suinocultura. Para tanto, foram realizados procedimentos metodológicos no âmbito da pesquisa, área experimental e ensaios laboratoriais, que resultou em indicadores, quanto às silagens que apresentam maior potencial para a produção de biogás. Portanto, os resultados obtidos nos experimentos, mostraram que produção de biogás foi maior na silagem de trigo, posteriormente na silagem de milho, silagem de aveia preta e silagem de braquiária.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa. Biodigestão Anaeróbia. Biogás. Cultura Energética.

RESUMEN

Una economía rural sostenible en el modelo de producción actual de la agricultura en Brasil, se hace factible la inclusión de la bioenergía en las propiedades rurales, con base en la producción de alimentos y energía, animado por la tecnología de saneamiento ambiental para el tratamiento de la biomasa residual en digestores. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo incrementar la producción de biogás en la Cuenca del Paraná 3, de la utilización de ensilados de cultivos energéticos con los cerdos de efluentes. Por lo tanto, los procedimientos metodológicos se realizaron en el marco de la investigación, los ensayos experimentales y de laboratorio, lo que resultó en indicadores, para el ensilaje con el mayor potencial para la producción de biogás. Por lo tanto, los resultados obtenidos en los experimentos mostraron que la producción de biogás fue mayor en el ensilaje de trigo más adelante en ensilaje de maíz, ensilaje de avena y Brachiaria ensilaje.

PALABRAS CLAVE: Biomasa. Digestión Anaerobia. Biogás. Cultura Energética.

LISTA DE SIGLAS

ABIPECS	Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BP3	Bacia Hidrográfica do Paraná 3
CCE	Centro Para a Conservação de Energia
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CIER-Biogás	Centro Internacional de Energias Renováveis com Ênfase em Biogás
CIH	Centro Internacional de Hidroinformática
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CTCef	Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
DERAL	Departamento de Economia Rural
DIVMO	Digestibilidade In Vitro da Matéria Orgânica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEBRAPDP	Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha
FPTI	Fundação Parque Tecnológico Itaipu
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IB	ITAIPU Binacional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQP	Índice de Qualidade do Plantio
LABIOGÁS	Laboratório de Biogás
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MME	Ministério de Minas e Energia
MS	Matéria Seca
PB	Proteína Bruta
PGD	Projeto Geração Distribuída

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz de Agroenergia.....	3
Figura 2 - Fontes de Biomassa.	5
Figura 3 - Potencial de Biogás da Biomassa de Suínos na Região Sul.	6
Figura 4 - Pilares de Sustentabilidade do Sistema Plantio Direto.	9
Figura 5 - Plano de Manejo e Gestão da Fertilidade do Solo.....	12
Figura 6 - Sinergismo e o Desenvolvimento de Um Agroecossistema.....	14
Figura 7 - Cartas Climáticas do Paraná Com as Temperaturas Mais Frias.	15
Figura 8 - Cultura de Inverno Aveia Preta.	16
Figura 9 - Cultura de Verão Braquiária.....	19
Figura 10 - Cultura de Verão Milho.	21
Figura 11 - Média da Produção de Milho Por Estado de 2007 a 2010.	22
Figura 12 - Cultura de Inverno Trigo.	23
Figura 13 - Regiões de Cultivares de Trigo no Paraná.	26
Figura 14 - Sequência de Fases do Processo de Ensilagem.....	27
Figura 15 - Principais Tipos de Silos Para o Processo de Ensilagem.....	29
Figura 16 - Conversão Biológica em Sistema Anaeróbio.	33
Figura 17 - Modelo dos Projetos de Biodigestores.....	35
Figura 18 - Operação de Biodigestores em Sistema Intermitente.	36
Figura 19 - Operação de Biodigestores em Sistema Contínuo.	36
Figura 20 - Potencial Energético do Processo de Cofermentação.....	37
Figura 21 - Fases da Produção de Biogás.	39
Figura 22 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Paraná 3.....	40
Figura 23 - Fluxograma do Projeto de Agricultura Energética.....	41
Figura 24 - Metodologia do Projeto de Agricultura Energética na BP3.	42
Figura 25 - Mapa de Localização da Unidade Tecnológica Lar.....	45
Figura 26 - Plantio das Culturas Agrícolas na UTL.	46
Figura 27 - Laudo das Análises de Solos.	47
Figura 28 - Esquema do Modelo do Silo Tipo Superfície.	49
Figura 29 - Processo de Ensilagem das Culturas Energéticas na UTL.....	50
Figura 30 - Biomassa Residual da Unidade Granja Colombari.	51
Figura 31 - Preparado das Amostras.	52
Figura 32 - Sistema de Fermentação Anaeróbia em Batelada.....	53

Figura 33 - Mapa de Produtividade da Cultura Energética de Aveia Preta.	55
Figura 34 - Mapa de Produtividade da Cultura Energética de Milho Safrinha.	56
Figura 35 - Mapa de Produtividade da Cultura Energética de Trigo.	57
Figura 36 - Base de Cálculos Para o Potencial de Produção de Biogás.	58
Figura 37 - Potencial de Produção de Biogás das Silagens.	61
Figura 38 - Gráficos do Potencial de Produção de Biogás das Amostras.	62
Figura 39 - Gráfico da Produção de Metano das Amostras Puras.	63
Figura 40 - Mapa do Potencial Energético da Silagem de Aveia Preta na BP3.	67
Figura 41 - Mapa do Potencial Energético da Silagem de Milho Safrinha na BP3. ...	68
Figura 42 - Mapa do Potencial Energético da Silagem de Trigo na BP3.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeitos de Diferentes Níveis de Resíduos Culturais na Água e no Solo...	11
Tabela 2 - Indicação de Cultivares de Trigo Para o Estado do Paraná.....	25
Tabela 3 - Interferentes do Processo Anaeróbio.....	34
Tabela 4 - Composição do Biogás.	38
Tabela 5 - Safra de Inverno de 2011 na Bacia Hidrográfica do Paraná 3.	43
Tabela 6 - Área Disponível Para Cultivar Culturas Energéticas na UTL.	45
Tabela 7 - Período do Processo de Silagem das Culturas Energéticas.	50
Tabela 8 - Área de Plantio das Culturas Energéticas na BP3.	55
Tabela 9 - Resultados dos Ensaios Laboratoriais das Amostras.	60
Tabela 10 - Fatores de Conversão da Base de Cálculos de Produção de Biogás.	66
Tabela 11 - Produção de Biogás das Silagens Com Dejeito Suíno.	66
Tabela 12 - Valores Médios do Potencial Energético das Culturas na BP3.	67

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 REFERENCIAL TEÓRICO	3
1.1 Agroenergia	3
1.2 Biomassa	4
1.2.1 Caracterização da Biomassa Para Suinocultura	6
1.2.2 Caracterização da Biomassa Vegetal	7
1.2.2.1 Sistema Plantio Direto	7
1.2.2.2 Sustentabilidade do Sistema Plantio Direto.....	9
1.2.3 Culturas Energéticas	14
1.2.3.1 Aveia Preta (<i>Avena strigosa</i>).....	16
1.2.3.2 Braquiária (<i>Brachiaria ruziziensis</i>).....	19
1.2.3.3 Milho (<i>Zea mays</i>).....	20
1.2.3.4 Trigo (<i>Triticum durum</i>).....	23
1.2.4 Processo de Ensilagem.....	26
1.2.4.1 Silagem de Culturas de Inverno	30
1.3 Tratamento da Biomassa	32
1.3.1 Processo de Biodigestão Anaeróbia	33
1.3.1.1 Biodigestores.....	35
1.3.2 Processo de Cofermentação	37
1.3.3 Biogás	37
2 MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1 Identificar as Culturas Energéticas Utilizadas na BP3	43
2.2 Determinar as Amostras de Culturas e Biomassa	44
2.2.1 Culturas Energéticas	44
2.2.1.1 Análise de Solo	46
2.2.1.2 Processo de Ensilagem.....	48
2.2.2 Biomassa Residual.....	50
2.3 Analisar em Laboratório o Potencial Energético	51
2.3.1 Preparo das Amostras.....	51
2.3.2 Procedimento de Determinação da Produção de Biogás	52
2.4 Elaborar Produtos Cartográficos	54

2.4.1 Produtividade da Cultura Energética de Aveia Preta	55
2.4.2 Produtividade da Cultura Energética de Milho Safrinha	56
2.4.3 Produtividade da Cultura Energética de Trigo.....	56
2.5 Aplicar a Base de Cálculos Para a Produção de Biogás	57
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
3.1 Ensaio do Laboratório de Biogás	59
3.1.1 Resultados dos Ensaios Laboratoriais das Amostras	61
3.2 Potencial de Produção de Biogás na BP3.....	65
3.2.1 Mapa do Potencial Energético da Silagem de Aveia Preta na BP3.....	67
3.2.2 Mapa do Potencial Energético da Silagem de Milho na BP3.....	68
3.2.3 Mapa do Potencial Energético da Silagem de Trigo na BP3	68
4 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	71

INTRODUÇÃO

A Região Oeste Paranaense, inserida na Bacia Hidrográfica do Paraná 3 (BP3), tem sua economia baseada essencialmente na agricultura familiar de pequena escala. Neste contexto, identifica-se a necessidade de desenvolvimento de alternativas que viabilizem economicamente as propriedades rurais e promovam o desenvolvimento regional sustentável.

Dentre as alternativas estão à valorização do produto Biogás, que pode ser gerado nas propriedades rurais pelo aproveitamento da biomassa residual, proveniente das atividades agropecuárias, por meio do sistema de biodigestão.

Neste contexto, destaca-se o projeto Programação de Agricultura Energética Ligada ao Plantio Direto, faz uma abordagem sobre a produção de biogás utilizando biomassa residual com o incremento de silagens de culturas. A silagem neste sistema é abordada com outro aspecto, que até o devido momento é pouco estudado por pesquisadores e instituições de pesquisa no Brasil, sendo a sua utilização para a aplicação em sistemas de biodigestão para otimizar a produção de biogás. O uso do biogás produzido neste processo possibilita a geração de energia elétrica, térmica e veicular, além da utilização do subproduto gerado como o digestato, popularmente conhecido como biofertilizante, que pode ser utilizado em consórcio ou até mesmo em substituição a fertilizantes industrializados, contribuindo para a melhoria das características físico-químicas do solo, assim como, na redução da dependência das propriedades rurais a insumos externos.

Neste processo, a identificação do potencial das culturas energéticas na forma de silagem, possibilita uma nova programação da rotação da agricultura com base no Sistema Plantio Direto (SPD) ao longo do ano agrícola, com o propósito de promover a conservação do solo, alimentação animal e potencial energético. Dessa maneira, torna-se possível contabilizar economicamente os resultados de colheita e cobertura do solo, mas também a importância de determinada cultura na constituição de biomassa proveniente da suinocultura, para incorporação em

sistemas de biodigestão anaeróbia e elevação dos volumes de biogás produzido, obtendo-se o parâmetro kWh/hectare ao ano.

Assim sendo, a agroenergia baseada no biogás torna-se uma alternativa para a agricultura desenvolvida nas propriedades rurais da Bacia Hidrográfica do Paraná 3, por meio do incentivo e valor comercial às culturas energéticas, que são necessárias para as rotações no plantio direto com qualidade, o que permite não interferir na produção de grãos destinados à alimentação animal e humana, além de obter o aproveitamento da sua biomassa para a produção de biogás.

O presente trabalho tem como objetivo determinar os ganhos com a incorporação da silagem de culturas energéticas em efluentes de suinocultura, para promover o incremento na produção de biogás, beneficiando os produtores rurais familiares da Bacia Hidrográfica do Paraná 3.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Agroenergia

Segundo a Plataforma Itaipu de Energias Renováveis (2012), agroenergia ou energia proveniente do meio rural é um conceito em ascensão. Antigamente, o meio rural era visto como um setor especializado na produção de alimentos e atualmente passou a ter o seu conceito ampliado, diante da necessidade mundial de uma matriz energética limpa.

Neste sentido, há um esforço mundial para suprir as demandas energéticas que sejam baseadas em sistemas sustentáveis, sob o ponto de vista econômico, social e ambiental, de maneira a oportunizar o desenvolvimento da agroenergia (ENNES, 2009). A Figura 1 apresenta a matriz da agroenergia que considera cinco grandes grupos, como as florestas, o biogás, o biodiesel, o etanol e os resíduos.

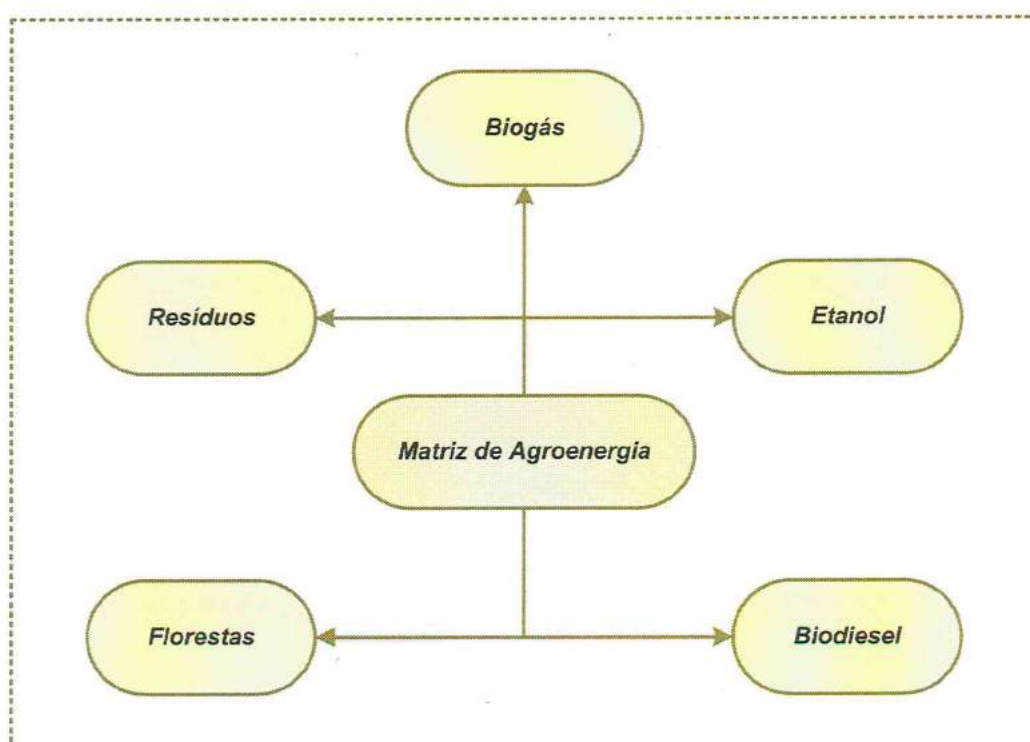


Figura 1 - Matriz de Agroenergia.

Fonte: Adaptado do BiodieselBR (2012).

Na matriz de agroenergia as florestas energéticas têm diferentes formas de obtenção de energia, como lenha, carvão, briquetes, finos e licor negro. O biogás é originário da digestão anaeróbica da matéria orgânica. O biodiesel pode ser obtido de óleos vegetais, gorduras animais ou resíduos da agroindústria. O etanol, embora possa ser obtido de outras fontes, é integralmente retirado da cana-de-açúcar. E os resíduos, tanto da produção agropecuária, quanto da agroindústria, bem como os dejetos desse processo, podem ser convertidos para diferentes formas secundárias de energia, como briquetes, gás, biodiesel, carvão, entre outros (BIODIESELBR, 2012).

Para Bley Júnior et al. (2009), o avanço da agroenergia é uma oportunidade de alto valor estratégico para o país, tanto sob a ótica energética em si, proporcionando o aumento da disponibilidade interna realizada com base em energias renováveis quanto, principalmente, pela ótica econômica. Desta forma, a agroenergia cria uma nova dimensão no setor rural, que passa a ser um setor com possibilidade de geração de energia a ser utilizada no próprio setor, em processo de autogeração, que levaria à liberação de energia para outras demandas da sociedade, com o agronegócio podendo chegar à autossuficiência e à autonomia energética.

1.2 Biomassa

A biomassa é considerada uma fonte de energia renovável devido ao fato de que a sua reposição na natureza pode ser realizada sem grandes dificuldades em prazos de apenas alguns anos ou até menos, ao contrário dos combustíveis fósseis, os quais a reposição natural envolve milhares de anos e condições favoráveis (SILVA, 1996).

Lora (1997) define biomassa como a abrangência da matéria vegetal criada pela fotossíntese e seus derivados, tais como resíduos florestais e agrícolas, resíduos animais e matéria orgânica contida nos resíduos domésticos e municipais.

Conforme Cortez, Lora e Gómez (2008), as fontes de biomassa podem ser obtidas através de vegetais não-lenhosos (sacarídeos, celulósicos, amiláceos, aquáticos), de vegetais lenhosos (madeiras e seus resíduos), de resíduos orgânicos (resíduos agrícolas, urbanos e industriais), além da biomassa dos biofluidos (óleos vegetais, como a mamona e a soja), conforme demonstra a Figura 2.

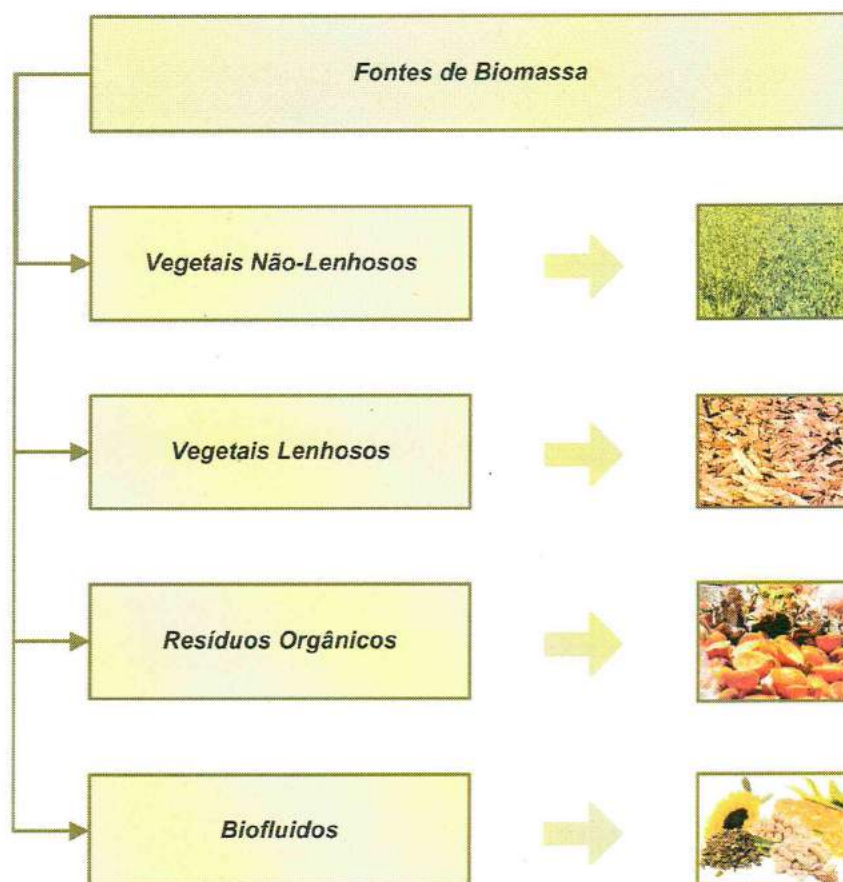


Figura 2 - Fontes de Biomassa.

O Brasil, sendo um país de clima tropical e de grandes dimensões, apresenta um grande potencial para exploração da biomassa energética, no entanto algumas barreiras ainda devem ser ultrapassadas como questões econômicas, sociais e políticas (PGD, 2011).

A precariedade e a falta de informações oficiais sobre o uso da biomassa para fins energéticos devem-se principalmente aos seguintes fatores: a) Trata-se de um energético tradicionalmente utilizado em países pobres e setores menos desenvolvidos; b) Trata-se de uma fonte energética dispersa, cujo uso, via de regra, é ineficiente; c) O uso da biomassa para fins energéticos é indevidamente associado a problemas de desflorestamento e desertificação (ANEEL, 2009).

Entretanto, essa imagem da biomassa está mudando, graças aos seguintes fatores: a) Esforços recentes de mensuração mais acurada do seu uso e potencial, por meio de novos estudos, demonstrações e plantas-piloto; b) Uso crescente da biomassa como um vetor energético moderno (graças ao desenvolvimento de tecnologias eficientes de conversão), principalmente em países industrializados; c)

Reconhecimento das vantagens ambientais do uso racional da biomassa, principalmente no controle das emissões de CO₂ e enxofre (ANEEL, 2009).

1.2.1 Caracterização da Biomassa Para Suinocultura

A cadeia produtiva de suínos tem se destacado no cenário agroindustrial brasileiro, fato decorrente aos avanços na escala de produção e aos investimentos tecnológicos do setor. No contexto social, está entre as atividades do agronegócio com potencial de gerar emprego e renda, tanto para o setor rural quanto para o agroindustrial (PGD, 2009).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2008), o Brasil ocupa a terceira posição na produção de suínos, com um plantel de aproximadamente 36,82 milhões de cabeças, estando atrás apenas da China e dos Estados Unidos. A atividade encontra-se amplamente difundida em todo o território brasileiro, sendo a Região Sul responsável por 50% da produção nacional (ABIEPCS, 2008).

A Figura 3 apresenta a estimativa do potencial de geração de energia a partir do biogás proveniente da criação de suínos nos municípios da região Sul, conforme os dados levantados em 2007 pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO).

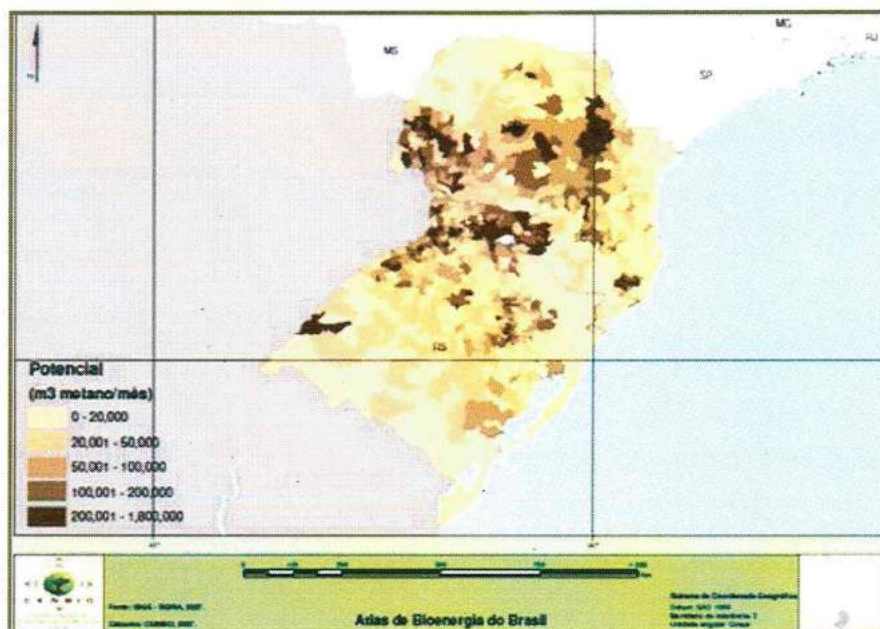


Figura 3 - Potencial de Biogás da Biomassa de Suínos na Região Sul.
Fonte: Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) (2007).

As pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008) apresentam que no estado do Paraná, a Região Oeste é a maior produtora da biomassa de suínos, sendo responsável por 37% da produção estadual e 4,9% da produção nacional, com um efetivo de 1,76 milhões de cabeças. Para Roesler e Cesconeto (2004), tal concentração nesta região deve-se a forte política de integração promovida por várias agroindústrias locais, responsáveis por intensificar a demanda de insumos agropecuários, assim como o crescimento e a modernização dos setores de comercialização.

Coldebella (2006) ressalta que a suinocultura esteve presente desde o início da colonização do Oeste paranaense. No princípio, era somente uma atividade de subsistência para as famílias, mas posteriormente, tornou-se uma importante fonte de renda familiar. A atividade é de fundamental importância no contexto socioeconômico do estado, pois proporciona fonte de renda e emprego em todos os setores da economia, gerando aumento na demanda de insumos agropecuários, ampliação e modernização dos setores de comercialização e das agroindústrias.

No entanto, para o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (2007), o desenvolvimento da suinocultura industrial com a política de integração e a produção em larga escala trouxeram consigo a alta concentração de animais por área e conseqüentemente uma grande produção de dejetos de forma centralizada, fazendo com que essa atividade seja enquadrada como de grande potencial poluidor e causadora de degradação ambiental.

1.2.2 Caracterização da Biomassa Vegetal

1.2.2.1 Sistema Plantio Direto

As preocupações em relação à eficiência dos sistemas de preparo do solo são crescentes na agricultura em todo o mundo. Diante disso, houve a necessidade de aumentar a eficiência no processo produtivo agrícola a partir de novas formas de preparo do solo que estão sendo propostas e testadas, visando minimizar e até mesmo eliminar as perdas do solo por erosão, decorrentes de formas convencionais de preparo e semeadura (CONTE, 2011).

Balastreire (1987) menciona que por muito tempo, os sistemas de preparo de solo eram realizados com a sua movimentação, de modo a oferecer às sementes,

condições que seriam consideradas as melhores para o seu desenvolvimento. Contudo, as pesquisas realizadas em muitos países verificavam que o preparo do solo não era imperativo na produção vegetal, e que muitas vezes os rendimentos eram altos quanto em solos não preparados (ALMEIDA, 2004).

De acordo com Derpsch (1993), o excessivo preparo de solo acelerava o processo de degradação, devido à mineralização extremamente rápida da matéria orgânica e à predisposição aos agentes erosivos, resultantes de uma superfície descoberta e solta, que propiciava a diminuição da produtividade. Conte (2011) relata que existiam também, problemas relacionados às perdas de água do sistema de produção, reduzindo o armazenamento no solo e causando decorrente suprimento à demanda das culturas e processo evaporativo, além do transporte de solutos, como fertilizantes, agroquímicos ou qualquer outro elemento potencialmente poluente que chegava até aos recursos hídricos.

Diante deste cenário, para minimizar esse processo de degradação do solo, aliado a necessidade de reduzir custos de produção e aumentar a produtividade das culturas, ações conservacionistas do solo foram implementadas, resultando no desenvolvimento do Sistema Plantio Direto (SPD) (SALTON et al., 2002).

No Brasil o Sistema Plantio Direto surgiu na década de 70, no Rio Grande do Sul, através de pesquisadores que semearam um hectare de sorgo, sem preparo prévio do solo, mantendo os remanescentes da cultura de inverno (CASSOL, DENARDIN e KOCHHANN, 2007). Boddey et al. (2010) afirma que atualmente são cultivados no Brasil mais de 27 milhões de hectares, representando aproximadamente 52% da área de cultivo do país (FEBRAPDP, 2009). Isso faz do Brasil, o segundo país em termos de utilização deste sistema de manejo do solo, sendo superado somente pelos Estados Unidos (HUGGINS e REGANOLD, 2008).

O Sistema Plantio Direto é considerado uma técnica de semeadura, no qual a semente e o adubo são colocados diretamente no solo não revolvido, usando-se máquinas especiais. Nesse sistema é aberto somente um sulco, de profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo (SILVEIRA et al., 2001).

Para Cruz et al. (2006) o SPD define-se como uma técnica de cultivo conservacionista, que visa manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. Essa cobertura permite proteger o solo do impacto da chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica.

Döwich (2004) menciona que o Sistema Plantio Direto consiste no manejo do solo, da água e das culturas sobre os restos de culturas anteriores, sem movimentação do solo. Na mesma linha, define como um conjunto de técnicas integradas visando reduzir custos, promover a qualidade ambiental e permitir interações biológicas e processos naturais benéficos no solo.

1.2.2.2 Sustentabilidade do Sistema Plantio Direto

A sustentabilidade do Sistema Plantio Direto fundamenta-se em quatro pilares principais, definidos como: a) Não revolvimento do solo; b) Cobertura vegetal permanente; c) Rotação de culturas; d) Manejo integrado, conforme demonstra a Figura 4 (MUZILLI, 2006).

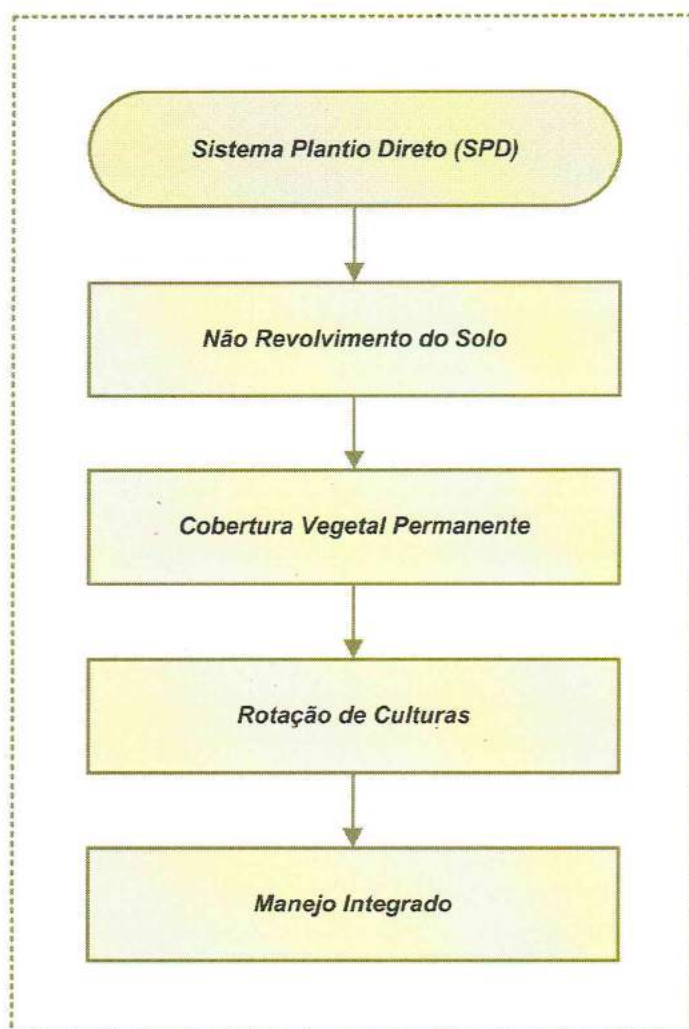


Figura 4 - Pilares de Sustentabilidade do Sistema Plantio Direto.

a) Não Revolvimento do Solo

No Sistema Plantio Direto durante o processo de semeadura, deve haver o revolvimento mínimo do solo, apenas nos sulcos ou covas de semeadura (MUZILLI, 2006).

De acordo com Cruz et al. (2006), a eliminação e/ou redução do sistema de preparo do solo evita o selamento superficial, decorrente do impacto das gotas de chuva e conseqüentemente, reduz o escoamento superficial e aumenta a infiltração, reduzindo a erosão. Dessa maneira, há maior manutenção da estabilidade de agregados, melhorando a estrutura do solo e evitando a compactação subsuperficial. Além disso, tem a redução das perdas de água por evaporação, aumentando a disponibilidade hídrica para as plantas, a atividade biológica do solo e a manutenção da matéria orgânica do solo.

b) Cobertura Vegetal Permanente

Segundo Muzilli (2006), a proteção do solo pela cobertura vegetal com plantas vivas ou com resíduos culturais, definidos como “palhada” é considerado um requisito essencial para a melhoria do solo no Sistema Plantio Direto, devido ao aumento da biodiversidade e do equilíbrio ambiental no sistema solo-planta, proporcionando como benefícios:

- 1) Redução do processo erosivo, pelo fato da cobertura vegetal impedir o impacto direto das chuvas sobre o solo.
- 2) Melhor agregação e estruturação do solo, favorecendo a aeração e o desenvolvimento radicular das culturas.
- 3) Manutenção da umidade na camada superficial do solo, por diminuir a oscilação térmica e as perdas de água por evaporação.
- 4) Controle biológico-cultural de plantas invasoras, pragas e doenças, diminuindo os gastos com controle mecânico-químico.
- 5) Ciclagem de nutrientes no perfil cultural do solo, diminuindo as perdas por lixiviação e reduzindo a demanda externa de fertilizantes.
- 6) Aumento do teor de matéria orgânica do solo ao longo do tempo, promovendo significativas melhorias em seus atributos químicos, físicos e biológicos (MUZILLI, 2006).

A Tabela 1 apresenta o efeito de diferentes níveis de resíduos culturais no escoamento superficial, infiltração e perdas de solo com declividade de 5%.

Tabela 1 - Efeitos de Diferentes Níveis de Resíduos Culturais na Água e no Solo.

Resíduos (t/ha)	Efeitos Sobre a Água e Solo		
	Escoamento (%)	Infiltração (%)	Perda de Solo (t/ha)
0	45,3	54,7	13,69
0,550	24,3	74,7	1,56
1,102	0,5	99,5	0,33
2,205	0,1	99,9	0
4,410	0	100,0	0

Fonte: Ruedell (1998).

Portanto, o acúmulo e a persistência de resíduos vegetais na superfície do solo dependerão da quantidade de biomassa produzida e da velocidade de sua decomposição. Por sua vez, esta decomposição é em função direta da relação de C/N (Carbono/Nitrogênio) dos resíduos vegetais, da presença da umidade, das variações de temperatura e da própria atividade biológica do solo (MUZILLI, 2006).

c) Rotação de Culturas

A dimensão continental do território brasileiro inclui enorme diversidade de climas e solos, sendo que, essas diferenças têm desencadeado a necessidade de adaptação de várias combinações de culturas que atendam as características regionais (FEBRAPDP, 2009).

Nesse contexto, a rotação de culturas no Sistema Plantio Direto considera a combinação de espécies com diferentes exigências nutricionais, velocidade de decomposição, produção de fitomassa e sistema radicular, como fatores para tornar o sistema mais eficiente, além de facilitar o controle integrado de pragas, doenças e plantas daninhas (CRUZ et al., 2006).

Derpsch (1991) define rotação de culturas como a alternância regular e ordenada no cultivo de diferentes espécies vegetais, em sequência temporal e em uma determinada área. De acordo com a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP) (2009), quanto maior a diversidade de espécies de cultura e alternância na sua sequência houver em uma área, menos será a possibilidade de aparecer espécies invasoras ou infestantes, tanto vegetais como pragas ou doenças.

d) Manejo Integrado

Muzilli (2006) ressalta que a adoção de métodos integrados para controle de plantas invasoras, pragas e doenças torna-se fundamental para a sustentabilidade do Sistema Plantio Direto, sendo viabilizado por um plano de manejo que considera a rotação de culturas, o manejo da fertilidade e as plantas de cobertura (Figura 5).

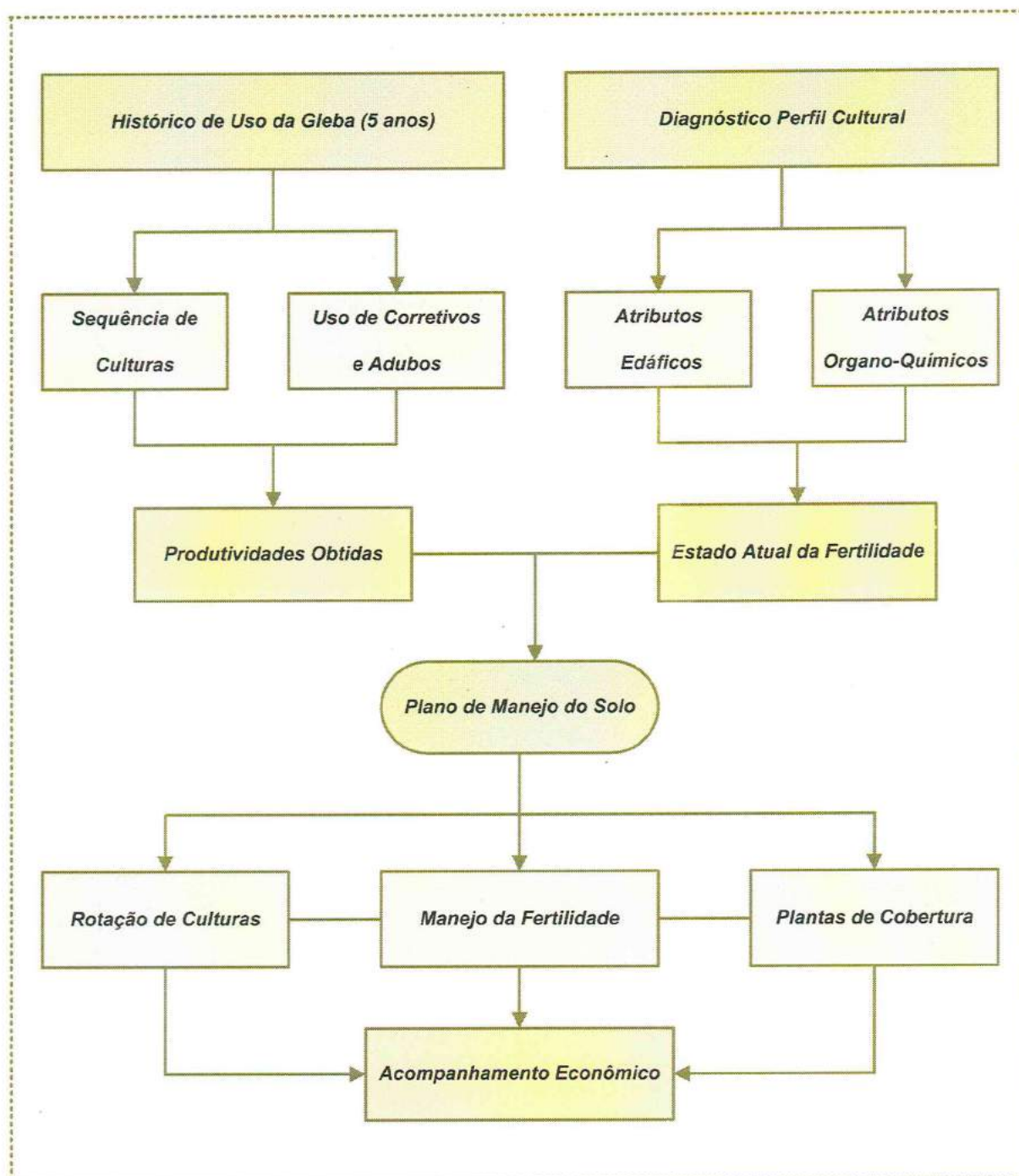


Figura 5 - Plano de Manejo e Gestão da Fertilidade do Solo.

Fonte: Adaptado de Muzilli (2006).

Nesse plano de gestão, os principais elementos para análise e planejamento são apresentados a seguir:

1) Histórico de uso e manejo da gleba, pelo menos com base nos últimos cinco anos, de forma a conhecer-se a sequência de culturas, as quantidades e formas de corretivos e adubos utilizados, assim como, os rendimentos obtidos. Esses dados possibilitarão estabelecer um balanço estimativo das entradas (fornecimento através de adubação) e saídas (remoção pelas colheitas) de nutrientes nos sistema solo-planta, ao longo de um dado período considerado. 2) Diagnóstico do perfil cultural, para caracterizar os atributos organo-biológicos, físicos e químicos capazes de interferir no desempenho e produtividade das culturas; na eficiência de aproveitamento da água e dos nutrientes pelas plantas. 3) Diagnóstico do estado atual da fertilidade química do solo, para subsidiar a tomada de decisão, cujos critérios de análise e interpretação devem considerar as especificidades de cada região ou agro-ecossistema (MUZILLI, 2006).

A partir desse conjunto de informações torna-se possível estabelecer um plano de manejo do solo a médio ou longo prazo, integrando o delineamento de esquemas de rotação de culturas com as plantas de cobertura e medidas apropriadas para o manejo da fertilidade nos sistemas planejado. Além disso, o acompanhamento econômico e agrônômico possibilitará o replanejamento das medidas de manejo no decorrer do tempo (MUZILLI, 2006).

Segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (2009), a diversidade no emprego alternado de diferentes espécies de plantas de cobertura em sequências ordenadas com culturas comerciais irá favorecer o crescimento de uma maior diversidade possível de organismos, conforme as condições ambientais do solo, clima, tipo de solo, fertilidade, entre outros. Dessa maneira, as plantas oferecem habitat natural para os insetos benéficos, tendo também o uso de faixas de vegetação natural próximo às áreas de cultivo, que irá favorecer a reprodução dessas espécies, além de aumentar as populações de organismos antagônicos às pragas, contribuindo assim, para uma maior biodiversidade e maior controle biológico natural.

Geralmente o ataque de pragas e doenças ocorre mais sobre plantas mal nutridas e/ou com níveis de nutrientes desequilibrados, ou ainda pode ser ocasionado por algum desequilíbrio no ambiente onde as culturas estão se desenvolvendo. Diante disso, o bom suprimento de nutrientes propiciando um bom vigor às plantas, uma diversificação de espécies na área de cultivo é fundamental para conferir maior resistência às plantas (FEBRAPDP, 2009).

Neste caso, Altieri, Ponti e Nicholls (2007) mencionam que para garantir os efeitos benéficos da rotação de culturas torna-se importante que o manejo de solos, água e culturas ocorram de forma interativa e equilibrada, sendo que, diversos fatores devem ser considerados e seguidos para se alcançar os resultados positivos almejados e com menores riscos do ataque de doenças e pragas, permitindo assim, um sinergismo e o desenvolvimento de um agroecossistema equilibrado, conforme apresenta a Figura 6.

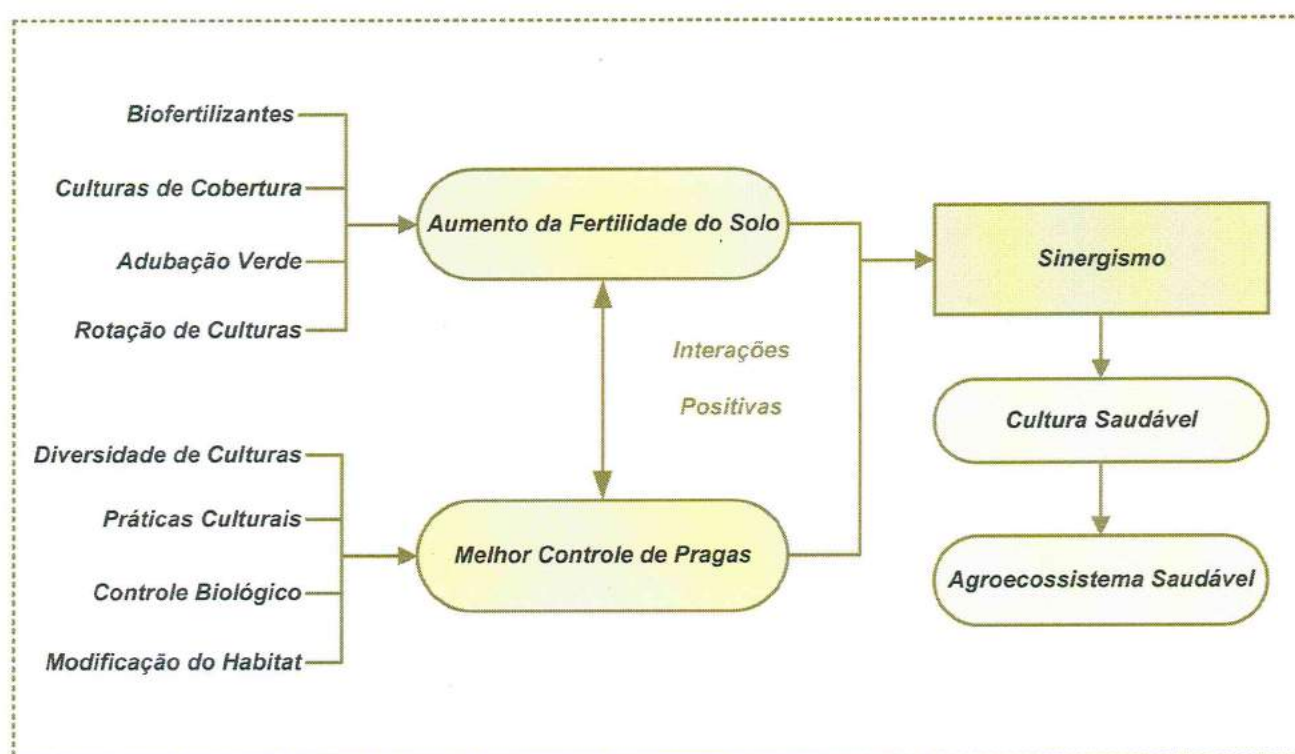


Figura 6 - Sinergismo e o Desenvolvimento de Um Agroecossistema.

Fonte: Adaptado de Altieri, Ponti e Nicholls (2007).

1.2.3 Culturas Energéticas

Segundo Fontaneli et al. (2009), a necessidade de produção de forragem para cobertura e alimentação de animais, tem conduzido à atividade de integração lavoura-pecuária, que possibilita o melhor aproveitamento do potencial da propriedade. Neste sentido, surge a oportunidade para que as culturas de inverno possam fornecer forragem verde no período de maior carência alimentar, como no inverno, e ainda produzir grãos (DEL DUCA e FONTANELI, 1995).

Dessa maneira, as culturas de inverno para duplo propósito, como forragem e grãos, podem contribuir para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas do Sul do Brasil e serem de grande relevância para a rotação de culturas em sistema plantio direto (SANTOS et al., 2002). Para isso, torna-se fundamental ampliar o conhecimento das culturas de inverno a serem utilizadas sob o aspecto do manejo de duplo propósito (DEL DUCA e FONTANELI, 1995).

As culturas de inverno são gramíneas anuais com crescimento ereto, que podem alcançar de 0,6 a 1,5 metros de altura, cujas inflorescências são espigas, exceto para a cultura de aveia, que são panículas (BALL, HOVELAND e LACEFIELD, 2002). Phillips et al., (1996) afirma que 35% das áreas cultivadas no mundo, são usadas com culturas de inverno.

De acordo com Moraes e Lustosa (1999), o crescimento ideal de espécies de inverno ocorre numa faixa de temperatura entre 18°C e 23°C, além disso, o aumento da taxa de acúmulo de massa seca das espécies hibernais tem alta correlação com o fotoperíodo. Segundo o Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) (2012), o Estado do Paraná durante o período de inverno, apresenta temperaturas médias mínimas de 11°C e máximas de 19°C, o que favorece o estabelecimento das espécies de inverno na região, conforme apresenta a Figura 7.

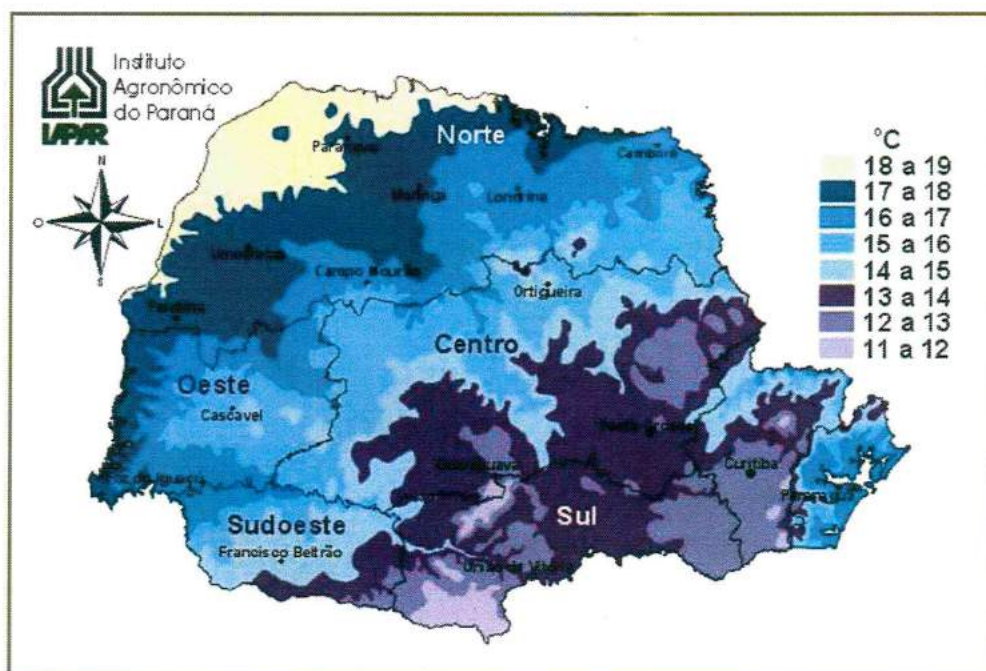


Figura 7 - Cartas Climáticas do Paraná Com as Temperaturas Mais Frias.
Fonte: Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) (2012).

Dentre as alternativas disponíveis de culturas de inverno no Estado do Paraná, destacam-se aveia preta (*Avena strigosa*) e trigo (*Triticum durum*). Ferrazza e Martin (2009) mencionam que estas culturas de inverno, podem ser cultivadas isoladas e em consórcio com outras plantas forrageiras, tanto gramíneas quanto leguminosas.

Considera-se que a braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) tem o seu maior potencial de produção nas estações quentes do ano, enquadrando-se desta maneira como uma cultura de verão. E o milho safrinha (*Zea mays*) no Oeste do Estado do Paraná começa a ser plantado a partir do mês de dezembro, portanto é considerado também uma cultura essencialmente de verão.

1.2.3.1 Aveia Preta (*Avena strigosa*)

Segundo Mizubuti et al. (2002), a aveia é um cereal originário da Ásia antiga e sudeste europeu, adaptada para produzir em regiões de clima temperado. Conforme Vilela (2009), a aveia preta (Figura 8) é uma gramínea de inverno com alta capacidade de perfilhamento, crescimento rápido, adaptada a solos com baixa fertilidade e resistente à seca.

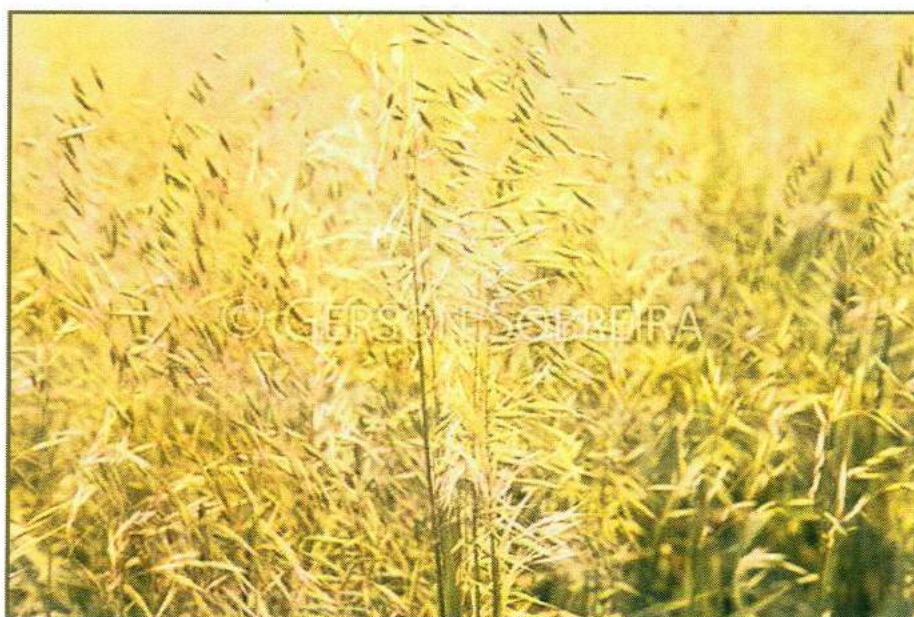


Figura 8 - Cultura de Inverno Aveia Preta.
Fonte: Sobreira (2007).

A cultura da aveia tem grande importância na produção de forragem, por ser grande produtora da massa verde, rica em proteína e bastante apreciada pelos animais como forrageira, principalmente na Região Sudeste e Sul do Brasil (VILELA, 2009). Para Machado (2000), as aveias são culturas anuais que concentram seu desenvolvimento nos meses mais frios do ano, sendo cultivadas para cobertura do solo, produção de forragem, feno, silagem e grãos, utilizados na alimentação de bovinos de corte e leite.

Na maioria das regiões, considera-se que a melhor época de semeadura das aveias ocorra entre os meses de março a abril, e a quantidade de semente necessária seja de 350 a 400 sementes aptas/metros quadrados, possibilitando com esta densidade, uma rápida cobertura do solo e oferta precoce de forragem. A semeadura deve ser realizada em fileiras, no sistema plantio direto, contribuindo para a conservação do solo, distribuição uniforme das sementes e maior uniformidade da pastagem (FERRAZZA e MARTIN, 2009).

Conforme alguns estudos realizados, a semeadura da aveia preta pode variar em teores de proteína bruta e digestibilidade. De acordo com Alcântara (1980), a aveia produz em torno de 4,8 a 6,0 toneladas de matéria seca/ha, dependendo a cultivar. Reis et al. (1993) relatam que 95% do material vegetal da aveia, com 60 dias de crescimento, era constituído por folhas, com teor médio de proteína bruta de 23%. Para Kichel e Miranda (2000), o nível de proteína bruta pode chegar a 26% e o de digestibilidade de 60 a 80%, produzindo 2 a 6 toneladas de matéria seca/ha. Já Maurílio (2006) ressalta que a semeadura de aveia no mês de abril e meados de maio, propicia um rendimento de 4 a 6 toneladas de matéria seca/ha, tendo um nível de proteína bruta de até 25%.

Kichel e Miranda (2000) mencionam que esta importância comprova-se para a pecuária de corte, uma vez que está disponível aos animais entre os meses de maio e agosto, período considerado de maior deficiência de forragem tanto em quantidade como em qualidade. Neste período, a produção de forragem entre as culturas de braquiária e aveia podem ser diferentes. As braquiárias podem apresentar teores de Proteína Bruta (PB) e Digestibilidade In Vitro da Matéria Orgânica (DIVMO) de 5,8% e 47% respectivamente, enquanto que a aveia pode alcançar valores de 25% a 75%, respectivamente. Assim, esta diferença qualitativa entre forragens permite alterar uma situação de pouco ganho ou perda de peso, para ganhos de até 900 gramas/animal/dia.

De acordo com Sá (2006) a fenação da aveia é o processo de conservação que consiste em reduzir o teor de umidade da aveia entre 15% a 25%. Para Machado (2000), a fenação da cultura da aveia aumenta a flexibilidade de utilização desta forrageira, permitindo o seu transporte, armazenamento e comercialização. Desta forma, em regiões que apresentam clima mais seco durante o inverno podem confeccionar o feno da aveia, para alimentação do sistema produtivo pecuário, especialmente onde não há infraestrutura para pastejo como cerca, água e animais (KICHEL e MIRANDA, 2000).

Kichel e Miranda (2000) comentam que na confecção do feno, o critério mais importante é o ponto em que a cultura atinge o seu melhor equilíbrio, entre produtividade e qualidade da forragem. Com isso, a aveia deve ser cortada quando atingir a fase de emborrachamento, podendo ser obtidos de 3 a 6 t/ha de feno, com 14% a 17% de proteína bruta e 58% a 60% de digestibilidade. Considera-se que, devido a sua ótima qualidade, o mesmo deverá ser utilizado estrategicamente na propriedade, no final do inverno, quando ainda não se tem uma forrageira perene em boas condições de pastejo, e as anuais alcançaram seu final de ciclo, sendo a sua utilização mais recomendado para animais com maior exigência nutricional, como os animais de reprodução.

De acordo com Kichel e Miranda (2000), a silagem da aveia ainda é pouco utilizada, devido ao seu maior uso ser para pastejo, além da baixa produtividade de massa seca/hectare. Por outro lado, em áreas com muita precipitação durante o período de inverno e sem infraestrutura para pastejo, recomenda-se a silagem, que deve ser realizada com adubação mais elevada, para aumentar a produtividade e reposição dos nutrientes extraídos do sistema. Assim, o corte da aveia deverá ocorrer no estágio de floração, fase considerada com um maior equilíbrio entre os teores de açúcares, matéria seca, proteína bruta e digestibilidade.

Quanto aos grãos da aveia, Floss (1988) ressalta que são produzidos no Brasil principalmente para a alimentação de animais, especialmente para cavalos de corrida. Estes grãos constituem alimento de alta aceitação, que podem ser incluídos em grande quantidade na mistura de concentrado e para sua melhor utilização, devem ser fornecidos moídos aos animais (SÁ, 2006). Machado (2000) menciona ainda, que os grãos de aveia podem ser uma importante fonte de renda, seja na formulação de rações destinadas a alimentação animal ou beneficiadas para semente.

Calegari (2006) relata que esta cultura apresenta vantagens em relação às variedades de aveia branca, principalmente quanto à ocorrência de pragas e doenças. Neste sentido, o Instituto Agronômico do Paraná (2012) ressalta que a elevada produção de matéria seca e a baixa decomposição da palhada, reduzem a população de plantas daninhas e melhoram as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Tornando-se assim, uma excelente alternativa, para rotação com culturas de verão, tais como soja, feijão, milho, dentre outras culturas, além do sistema plantio direto.

Derpsch e Calegari (1985) avaliando a influência de diferentes coberturas de inverno sobre as culturas de verão no norte do Paraná, observaram um aumento de 38% e 69% no rendimento de grãos da soja e do feijão, respectivamente, em sucessão à aveia preta, em comparação com o pousio de inverno, mas para o milho a cobertura de aveia preta causou redução da produtividade.

1.2.3.2 Braquiária (*Brachiaria ruziziensis*)

A braquiária tem origem na África Tropical, sendo considerada uma gramínea perene, vigorosa e estolonífera, que se adapta em diversas condições de clima e solo (Figura 9) (PEREIRA e CAMPOS, 2000).



Figura 9 - Cultura de Verão Braquiária.

Fonte: Sobreira (2012).

No Brasil, a braquiária é conhecida como forrageira, desde a década de 1950 (ALCÂNTARA, 1986). Crispim e Branco (2002) mencionam que estas gramíneas foram introduzidas no Brasil juntamente com os escravos, pois serviam de colchão nos navios negreiros e atualmente são utilizadas como forrageiras nas fases de cria, recria e engorda dos animais. Pereira e Campos (2000) ressaltam que, a braquiária tornou-se uma importante forrageira para diversas regiões do Brasil, e vem ocupando maior espaço, por proporcionar produções satisfatórias de forragem em solos que apresentam baixa e média fertilidade (SOARES FILHO, 1994).

Segundo Pereira e Campos (2000), os principais atributos das braquiárias são intensa produção de sementes, pouca exigência em fertilidade do solo e rápida expansão para outras áreas. Além disso, Vilela (2012) destaca a maior facilidade no seu uso no sistema agropastoril, por não formar grandes touceiras que sejam de difícil destruição.

De acordo com Vilela (2012), a espécie *Brachiaria ruziziensis* apresenta como características básicas um odor peculiar, sendo muito palatável. As folhas são consideradas largas, com pilosidade e de cor verde pálido. Pode crescer em diversos tipos de solos, desde os arenosos até os argilosos, mas necessita de boa drenagem e condições de média fertilidade. A quantidade de sementes em um quilo corresponde aproximadamente a 250.000 sementes. Tem boa tolerância à seca e requer em torno de 1.000 milímetros de precipitação anual. Quando corretamente manejada tem demonstrado ser o capim ideal, para competir com plantas invasoras. Com adubação nitrogenada, pode superar a produção das principais gramíneas. Tal espécie não apresenta nenhum fator tóxico, não tolera geada e o fogo frequente.

Ghisi (1991), a braquiária bem manejada apresenta alta produção de matéria seca e eficiência na cobertura do solo. Vilela (2012) afirma que a produção anual de matéria seca para braquiária, situa-se de 14 a 15 toneladas de matéria seca por hectare. Conforme Macedo (1995), no Brasil Central e na Amazônia, aproximadamente 40 milhões de hectares estão cobertos por pastagens de braquiárias, formando grandes monocultivos.

1.2.3.3 Milho (*Zea mays*)

A cadeia produtiva do milho (Figura 10) tornou-se um dos segmentos econômicos mais importantes do agronegócio do país, por se adaptar às condições

edafoclimáticas, alcançando altos níveis de produção e por representar uma boa fonte proteica (CARVALHO et al., 2006).



Figura 10 - Cultura de Verão Milho.
Fonte: Sobreira (2010).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2012), o Brasil tem se destacado como o terceiro maior produtor mundial de milho, totalizando 53,2 milhões de toneladas na safra 2009/2010, sendo que, o principal destino da safra são as indústrias de rações para animais. Brugnago Neto (1996) menciona que em termos de produção, o país fica atrás apenas da China e Estados Unidos.

No Brasil, de acordo com a região, existem diferentes modelos de produção de milho. Conforme Cogo (1992), nas áreas produtoras nacionais de milho ocorrem duas estações de cultivo durante o ano agrícola, na qual uma corresponde a 95% da produção total e ocorre no período mais chuvoso, denominada de primeira safra e a outra corresponde aos 5% restantes, denominada de segunda safra ou safrinha, plantada em um período mais seco. Atualmente, observa-se um decréscimo na área plantada no período da primeira safra, devido à concorrência com a soja, no entanto isto tem sido parcialmente compensado pelo aumento dos plantios na safrinha (SANS e SANTANA, 2006).

A cultura do milho é plantada principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país (MAPA, 2012). De acordo com a pesquisa realizada por

Duarte, Garcia e Miranda (2011), em uma média de quatro anos, 2007 a 2010, sobre a produção brasileira de milho por estado, destaca-se o Estado do Paraná como o maior produtor de milho do país, com mais de 13 milhões de toneladas, conforme apresenta a Figura 11.

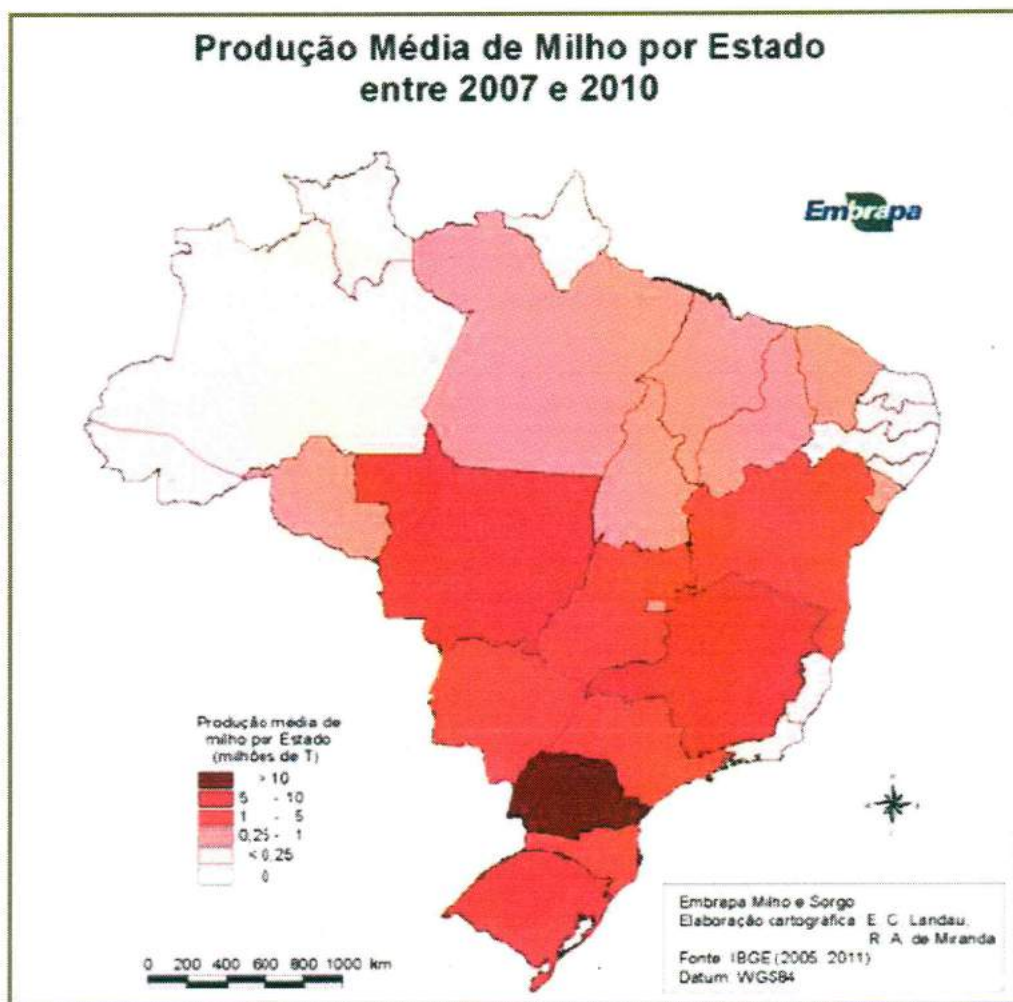


Figura 11 - Média da Produção de Milho Por Estado de 2007 a 2010.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2011) *apud* Duarte et al. (2011).

A definição do sistema de produção e o desenvolvimento da cultura do milho são determinados pelos fatores edafoclimáticos. Considerando o clima, os fatores climáticos que mais interferem na produção da cultura destaca-se a radiação solar, a precipitação e a temperatura. Assim, estes fatores atuam diretamente nas atividades fisiológicas e interferem na produção de grãos e de matéria seca (DUARTE, GARCIA e MIRANDA, 2011).

Conforme alguns autores, a produção de matéria seca do milho pode variar. Paziani (2011) menciona que o milho produz em média 16,8 toneladas de matéria

seca/ha. Para Ferrari Júnior et al. (2005) esta produção pode ser em torno de 17,26 toneladas de matéria seca/ha. Zopollatto et al. (2009) relatam que esta variação pode ocorrer de 15,2 a 20,9 toneladas de matéria seca/ha.

O estudo das projeções da produção de milho, realizado pela Assessoria de Gestão Estratégica do Mapa, indica que a safra 2019/2020 deverá ter uma produção de 70,12 milhões de toneladas e um consumo de 56,20 milhões de toneladas. Estes resultados demonstram que o Brasil deverá ter controle no seu quadro de suprimentos, de maneira a garantir o abastecimento do mercado interno e obter excedente para exportação, estimado em 12,6 milhões de toneladas para a safra 2019/2020 (MAPA, 2012).

1.2.3.4 Trigo (*Triticum durum*)

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2012), o trigo (Figura 12) é considerado o segundo cereal mais produzido no mundo, com significativa importância na economia agrícola global. Este cereal é uma cultura de ciclo anual, cultivada durante o período de inverno e primavera, podendo se adaptar em diversas condições de clima e solo (ORTOLAN, 2006).



Figura 12 - Cultura de Inverno Trigo.
Fonte: Sobreira (2009).

No Brasil, a produção anual oscila entre cinco a seis milhões de toneladas, concentrando cerca de 90% na Região Sul (EMBRAPA, 2012). Dentre os principais estados produtores de trigo do país destacam-se o Paraná e o Rio Grande do Sul, que são responsáveis, respectivamente, por 53% e 36% da produção anual (CONAB, 2010).

Conforme Scheeren (1984), o trigo tem papel fundamental na diversificação de culturas nas propriedades agropecuárias, como uma alternativa econômica no período de inverno. A utilização desta cultura tem duplo propósito, sendo usada na alimentação de animais na forma de forragem verde e feno, além de cobertura vegetal, adubação verde e principalmente na alimentação humana na forma de grãos.

De acordo com Del Duca et al. (2000), os cultivares de trigo que se diferenciam para o sistema de produção de duplo propósito, devem ter como características principais, a produção de massa verde, tolerância ao pastejo ou corte e produção de grãos. Desta forma é produzido forragem durante o período de inverno e, depois do corte ou pastejo, ainda se produz grãos.

Rebuffo (2001) ressalta a importância de cultivares de duplo propósito por apresentar um rápido estabelecimento, alta capacidade de perfilhamento e hábito de crescimento ereto a semi-ereto. Tais características favorecem a oferta de massa verde num período em que as pastagens de inverno ainda estão em formação, diminuindo o déficit de forragens comum neste período.

Dalberti et al. (2010) comentam que, as plantas novas de trigo têm alto teor de proteína, constituindo-se numa pastagem, feno ou silagem de alto valor nutritivo. Neste sentido, Del Duca et al. (1978) consideram que enquanto não estiverem disponíveis dados mais seguros, admite-se que o trigo para pastoreio é mais importante que para feno ou silagem. Em algumas áreas, justifica-se o plantio somente para forragem ou com a produção de grão, tendo importância secundária.

Fontaneli et al. (2007) mencionam que trigos de duplo propósito devem ser semeados antes da época tradicional, aumentando a população de plantas em 10 a 20% da praticada com as cultivares precoces. No Sul do Brasil, a densidade de semeadura recomendada é de 350 a 400 sementes aptas por metro quadrado, já a quantidade de semente por hectare pode variar de 90 a 110 kg e a distância entre fileiras não deve ser superior a 20 cm (DEL DUCA et al., 2000).

O trigo de duplo propósito pode ser cortado e utilizado na forma de silagem, feno ou ainda ser pastejado diretamente por animais. O corte pode ser realizado quando as plantas estiverem próximas do início da elongação do colmo, com 25 a 40 cm de altura, podendo ser realizado um segundo corte após 30 dias. Ressalta-se que no caso de pastejo, deve-se limitar a altura de pastejo até 5 a 7 cm do solo e retirar os animais a partir da elongação do colmo (DEL DUCA et al., 2000).

De acordo com Fontaneli (2007), para obtenção de feno recomenda-se o corte no início da emissão das inflorescências, onde compatibiliza-se boa produção de biomassa e bom valor nutritivo, no entanto, pela dificuldade de secagem da forragem para feno, têm-se preferido a ensilagem, que pode ser de planta inteira. Assim, para a obtenção de silagem de planta inteira, recomenda-se colher as plantas no estágio de grãos em massa, para propiciar boa colheita de biomassa e boa preservação dos nutrientes via fermentação desejável. No processo de silagem é importante triturar o material em partículas de 0,5 a 5,0 cm de comprimento, compactar bem no silo para diminuir a respiração e permitir a condição de anaerobiose, que são indispensáveis para a obtenção de pH baixo, para estabilização da forragem.

Segundo Fontaneli (2007), atualmente o agricultor sul-brasileiro dispõe de quatro variedades de trigo com dupla aptidão, tais como a BRS Figueira, BRS Guatambu, BRS Umbu e BRS Tarumã. Estes cereais de inverno são utilizados para pastagem, colheita de grãos, feno e silagem (MARTIN et al., 2009).

De acordo com as pesquisas realizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2011) obtiveram-se informações quanto ao ciclo e regiões tritícolas de adaptação das cultivares de trigo, indicadas para cultivo no Estado do Paraná, conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2 - Indicação de Cultivares de Trigo Para o Estado do Paraná.

Cultivar	Ciclo	Regiões Tritícolas de Adaptação
BRS 277	T	1
BRS Tarumã	T	1
BRS Umbu	T	1

Fonte: Adaptado da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2011).

A Figura 13 apresenta as regiões homogêneas de adaptação de cultivares de trigo no Estado do Paraná.

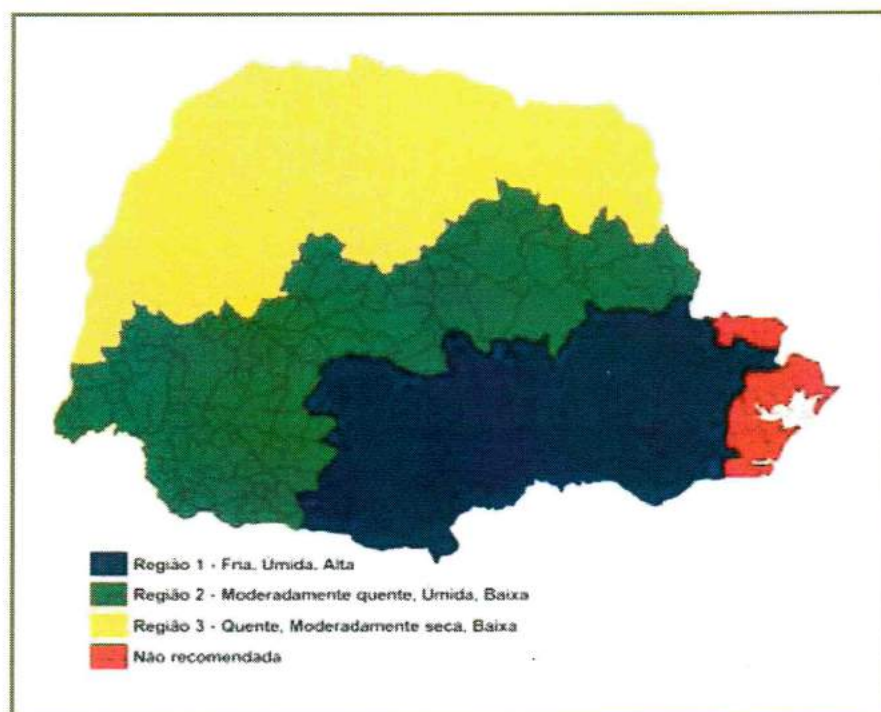


Figura 13 - Regiões de Cultivares de Trigo no Paraná.

Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2011).

Meinerz (2009), ao estudar os cultivares de trigo de BRS 277, BRS Tarumã e BRS Umbu obteve uma produção de massa seca de 5.282 kg/ha, 5.888 kg/ha e 4.499 kg/ha, respectivamente.

Considerando o uso do trigo para duplo propósito, tanto para produção de grãos, quanto para o pastejo dos animais, torna-se uma alternativa para evitar a ociosidade de grandes extensões territoriais, assim como, para promover forragem no período hibernar em toda a região Sul do país (DALBERTI et al., 2010).

1.2.4 Processo de Ensilagem

Segundo Martins, Oliveira e Cóser (2012), o processo de ensilagem define-se como a forragem verde que é armazenada na ausência de ar e conservada mediante fermentação em depósitos próprios denominados de silos. Silva (2001) define ensilagem como um processo que consiste em preservar forragens por meio de fermentação anaeróbica, após o seu corte, picagem em pedaços de 2 a 3 cm,

compactação e vedação em silos. O produto final dessa fermentação, denominado silagem, é obtido pela eliminação do oxigênio do meio e da ação de microrganismos sobre os açúcares presentes nas plantas com a produção de ácidos, resultando em queda do pH até valores próximos de 4.

Martins, Oliveira e Cóser (2012) mencionam que a silagem é caracterizada como um alimento volumoso, utilizado para suplementar as pastagens durante a época em que a disponibilidade de forragem é baixa, sendo utilizada também, durante todo o ano como o principal volumoso nos sistemas intensivos de produção, na qual adota-se o confinamento total de bovinos.

Segundo Vilela (2012) o processo de ensilagem (Figura 14) ocorre em três fases principais, conforme descrito a seguir:

a) Primeira Fase: Na fase I (fase aeróbica) técnicas adequadas de carregamento do silo ajudam a minimizar as perdas como consequência da quantidade de oxigênio presente entre as partículas de forragem no silo. Boas práticas de colheita (ajuste das máquinas), principalmente aqueles relacionados com o tamanho da partícula da forrageira a ser ensilada (partículas > 1,5 cm, participando com 15%), combinada com bom rendimento (distribuição de camadas e compactação) minimizam as perdas de carboidratos solúveis através da respiração no campo e no silo. A densidade da silagem obtida é uma junção de compactação, de tamanho da partícula e de porcentagem da matéria seca da forrageira. b) Segunda Fase: Na fase II (fase anaeróbica) ela é uma consequência do poder tampão, da disponibilidade de carboidratos solúveis, da presença de bactérias lácticas e da porcentagem adequada de matéria seca na forragem; da anaerobiose do meio. c) Terceira Fase: Na fase III ocorre a estabilização do material. Nesta fase o pH estará em torno de 3,8 a 4,2 e a temperatura do material normal é a ambiente (VILELA, 2012).

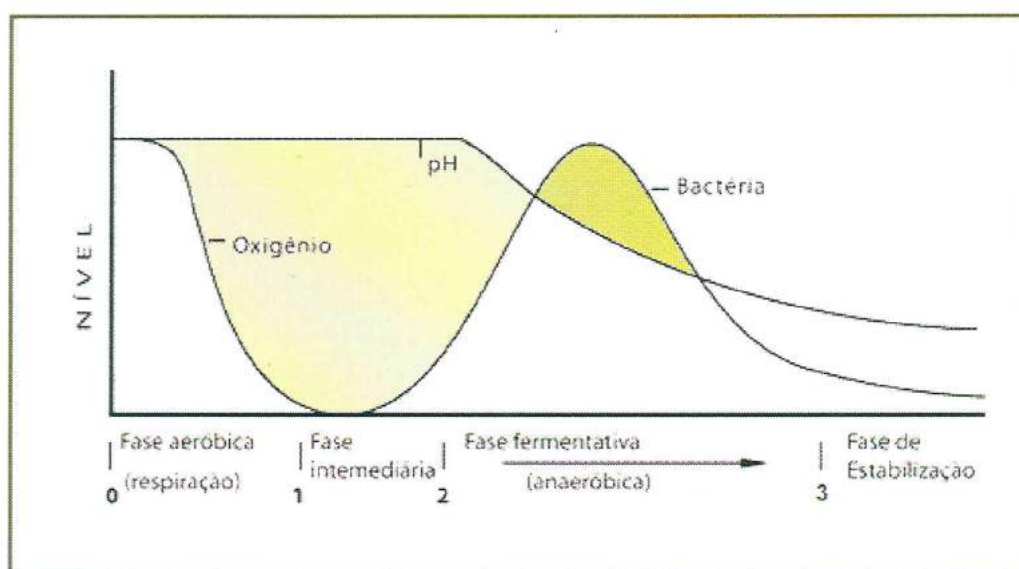


Figura 14 - Sequência de Fases do Processo de Ensilagem.

Fonte: Adaptado de Vilela (2012).

Os tipos de silo mais utilizados para o processo de ensilagem são os silos tipo trincheira, superfície, cilíndrico, bag ou salsicha e o silo fardo. Cada um deles apresenta suas vantagens e desvantagens, referentes principalmente ao custo de construção, facilidade de carregamento e descarregamento, e eficiência na conservação da silagem (MARTINS, OLIVEIRA e CÓSER, 2012).

a) Silo Trincheira: É o tipo mais comum hoje em dia, é caracterizado por uma vala feita no chão, preferencialmente em lugar alto e contra um barranco, na qual se deposita a silagem, compactada com um trator e posteriormente fechada a sua frente com tábuas e com lona plástica recoberta por terra, areia ou pneus. Apresenta como aspectos positivos, o armazenamento de elevadas quantidades de forragem por metros cúbicos devido ao seu formato, manejo relativamente simples, as paredes laterais promovem maior compactação da massa e apresenta menores perdas quando comparado ao silo de superfície (DEMARCHI, 2002).

b) Silo de Superfície: Consiste na armazenagem da silagem diretamente na superfície plana do solo, sem o uso de paredes laterais, mas recoberto com lona plástica e terra. É conseqüentemente a opção mais barata de silo, porem não permite boa compactação do material pela ausência de paredes laterais, o que aumenta as perdas. Apresenta como aspectos positivos, o baixo custo inicial, flexibilidade quanto ao seu local de confecção, manejo relativamente simples e uma excelente opção para armazenamento de excessos esporádicos de forragens (DEMARCHI, 2002).

c) Silo Cilíndrico: Consiste na armazenagem da silagem em uma construção vertical circular de alvenaria ou material semelhante, como por exemplo uma cisterna. Pode ser construído junto a encostas para facilitar o trabalho de carregamento. Embora o carregamento fique facilitado, o acesso à parte de cima do silo pode ser difícil em estruturas com maior altura, bem como a retirada da silagem pode ser mais trabalhosa (MARTINS, OLIVEIRA e CÓSER, 2012).

d) Silo Bag ou Salsicha: A silagem estocada em bags é produzida com máquinas que "empacotam" a forragem picada em tubos plásticos horizontais. Os silos bag possuem certa variedade de tamanhos, podendo variar de 1,8 a 3,6 m de diâmetro e 30, 60 ou 90 m de comprimento, sendo a dimensão 1,8 por 60 m é a mais comum no nosso país. Bags que variam de 30 a 60 metros podem estocar de 2 a 6 t de silagem/m linear. Esse intervalo de densidade é em função do grau de picagem (tamanho de partícula) e da cultura que está sendo estocada. O silo bag apresenta os seguintes aspectos positivos como estrutura para estocar silagem: A anaerobiose é rapidamente alcançada, flexibilidade quanto ao local de confecção do silo, variabilidade na capacidade de estocagem, menor exposição do painel ao oxigênio atmosférico (AMARAL e BERNARDES, 2009).

e) Silo Fardo: Nos últimos 15 anos tem havido ascensão na conservação de forragens na forma de fardos revestidos por filme plástico, sendo que na Europa este método representa de 30 a 80% do total de matéria seca colhida para silagem, dependendo do país a se considerar. O armazenamento em silos-fardos tem vários aspectos positivos, pois a forragem é compactada logo após a colheita, desse modo o silo pode ser preparado diretamente no campo, o que minimiza a aeração da massa. (AMARAL e BERNARDES, 2007).

A seguir apresenta-se a descrição dos principais tipos de silos, utilizados para o processo de ensilagem (Figura 15).

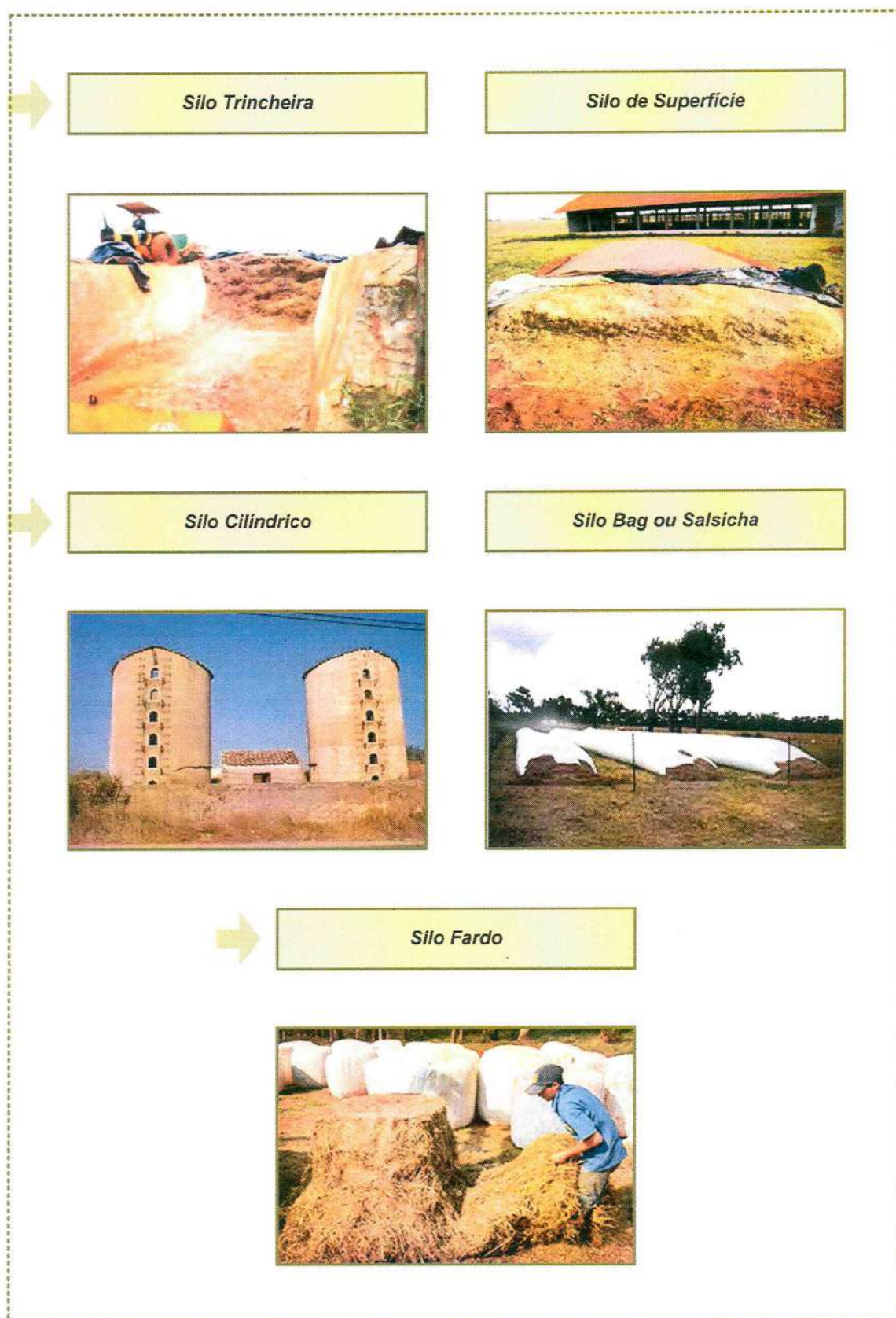


Figura 15 - Principais Tipos de Silos Para o Processo de Ensilagem.

Para Cardoso e Silva (1995), na técnica da ensilagem a cada camada colocada no silo, o material deve ser compactado com "pesos de socar", com animais pisoteando a forragem ou com trator. A compactação bem realizada serve para expulsar o ar de dentro da massa de forragem, pois, a presença de ar prejudica a fermentação e por isso, torna-se necessário a vedação do silo depois de cheio. As camadas devem ser sobrepostas até atingir uma altura média de 1,5 m na parte central, já as bordas são mais baixas, dando o formato abaulado ao silo. Após a última camada de forragem, coloca-se uma lona preta cujas beiradas são presas em valetas ao lado do silo e sobre a mesma coloca-se uma camada fina de terra, para ajudar na compactação e expulsão do ar da superfície. É aconselhável que, ao final de cada dia de trabalho, a massa já colocada no silo seja coberta com lona, de maneira a não molhar com uma chuva ocasional. Ao final, o importante é que tenha havido uma boa compactação da silagem e boa vedação do silo.

Além disso, Cardoso e Silva (1995) afirmam que a silagem ficará pronta após 40 dias do fechamento do silo, assim poderá ser fornecida para alimentação dos animais. Se tiver sido bem feita e o silo não for aberto, a silagem pode conservar-se por mais de 1 ano e uma vez aberto o silo, a cada dia deve ser retirada uma fatia de no mínimo 15 cm de silagem.

1.2.4.1 Silagem de Culturas de Inverno

A Região Sul do Brasil apresenta condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo de várias espécies de plantas forrageiras (MEINERZ et al., 2011).

De acordo com Phillips et al. (1996), a forragem é produzida em dois períodos diferentes, definidos como vegetativo e reprodutivo. O período vegetativo ocorre durante o outono e inverno, sendo caracterizado por 100% de biomassa de folhas e representa 33 a 50% da biomassa total, que pode ser utilizada para pastagem. Já o período reprodutivo ocorre na primavera, caracteriza-se por plantas de rápido crescimento, principalmente com o aumento da proporção de colmos e corresponde de 50 a 67% da biomassa total.

Para Scheffer-Basso et al. (2004), a estacionalidade na produção de forragem para a maioria das espécies, ocasiona um vazio forrageiro principalmente no outono e inverno, devido as espécies não estarem prontas para a utilização, enquanto as espécies de verão já completaram seu ciclo.

Em vista disso, a utilização de forragens conservadas na alimentação de animais tornou-se uma alternativa usual, para os períodos de carência de forragem, pois, possibilita fornecer alimento volumoso de boa qualidade e em quantidades suficientes para a produtividade (MEINERZ et al., 2011).

Novaes et al. (2004) comentam que dentre as formas de conservação da forragem evidencia-se a silagem, que consiste no corte da planta forrageira em momento ideal e posterior armazenamento da massa verde picada em silos. Van Soest (1994) ressalta que o principal objetivo deste processo é conservar a forragem, e para isso, deve ser realizada em condições ideais, afim de manter a qualidade do material original.

O processo de silagem pode ser elaborado com a planta inteira, colhida no estágio de grão pastoso através de ensiladoras, ou a silagem pode ocorrer com a planta colhida no estágio de alongamento, sendo necessário o pré-murchamento. Neste último, ressalta-se que o excesso de umidade pode prejudicar o processo de fermentação e conservação do material ensilado (FONTANELI et al., 2009).

Segundo Fontaneli e Fontaneli (2009), a utilização das silagens de culturas de inverno, como fonte de volumoso de qualidade, tornou-se uma alternativa importante em muitos países europeus, como Alemanha, Itália e Inglaterra. Dessa forma, os animais que recebem estas silagens, apresentam níveis adequados de desempenho.

Dentre as principais culturas utilizadas para produção de silagem destacam-se as culturas típicas de verão, como o milho e o sorgo (MEINERZ et al., 2011). Scheffer-Basso et al. (2004) afirmam que na silagem de culturas de inverno, o valor nutritivo é superior a silagem de milho, pois os níveis de digestibilidade e proteína são elevados, mas o valor energético é inferior. Para Fontaneli e Fontaneli (2009), estas características garantem aos animais atingirem bons níveis de ingestão de matéria seca, boas taxas de ganho em peso (superior a 1,0 kg/d) e produções elevadas de leite (maior que 18 kg/vaca/d).

Neste contexto, torna-se importante ampliar os estudos, na utilização de novas culturas para o preparo de silagem, de maneira a reduzir os custos de produção (PINTO et al., 2007). Dessa forma, o crescimento dos sistemas de produção baseados na integração lavoura-pecuária através do cultivo de cereais de inverno, e com os propósitos de produção de grãos e forragem para cobertura, desponta como uma alternativa para a confecção de silagem com qualidade, com

baixo custo e com produção excedente de massa de forragem (MEINERZ et al., 2011).

Portanto, a prática na elaboração da silagem de culturas de inverno deve ser incentivada, devido aos seguintes fatores: a) Utilização da terra no período de inverno, para produção de volumosos de qualidade; b) Redução dos riscos de falta volumosos por intempéries climáticas; c) Redução da competição das áreas de verão pelo plantio de milho para silagem, o que permite que o mesmo seja utilizado para a produção de grãos destinados à comercialização; d) Geração de renda com a venda de silagem excedente (FONTANELI e FONTANELI, 2009).

1.3 Tratamento da Biomassa

O tratamento da biomassa residual é formado por uma série de operações conhecidas como operações unitárias, que removem as substâncias desejáveis, ou as transformam em outras substâncias mais aceitáveis. Dessa forma, os níveis de tratamento se classificam em tratamento preliminar, primário, secundário e terciário (VITOR, 2010).

Segundo Von Sperling (1996), o tratamento secundário utiliza-se de processos biológicos, ou seja, reações bioquímicas realizadas por microorganismos para remover a matéria orgânica presente na biomassa residual.

Considera-se que nos processos biológicos ocorre a maior redução da carga orgânica com potencial poluidor presente na biomassa. Assim sendo, um dos processos biológicos utilizados para o tratamento da biomassa destacam-se os processos anaeróbios (VITOR, 2010).

De acordo com Chernicaro (2001), nos sistemas anaeróbios, aproximadamente 70 a 90% do material orgânico é biodegradável e é convertido em biogás, de 5 a 10% é convertido em biomassa microbiana, e de 10 a 30% não é biodegradável. Esse balanço de massa da conversão biológica em um sistema anaeróbio é apresentado na Figura 16.

Dentre os processos anaeróbios para o tratamento da biomassa residual, destacam-se atualmente o processo de biodigestão anaeróbia e o processo de cofermentação.

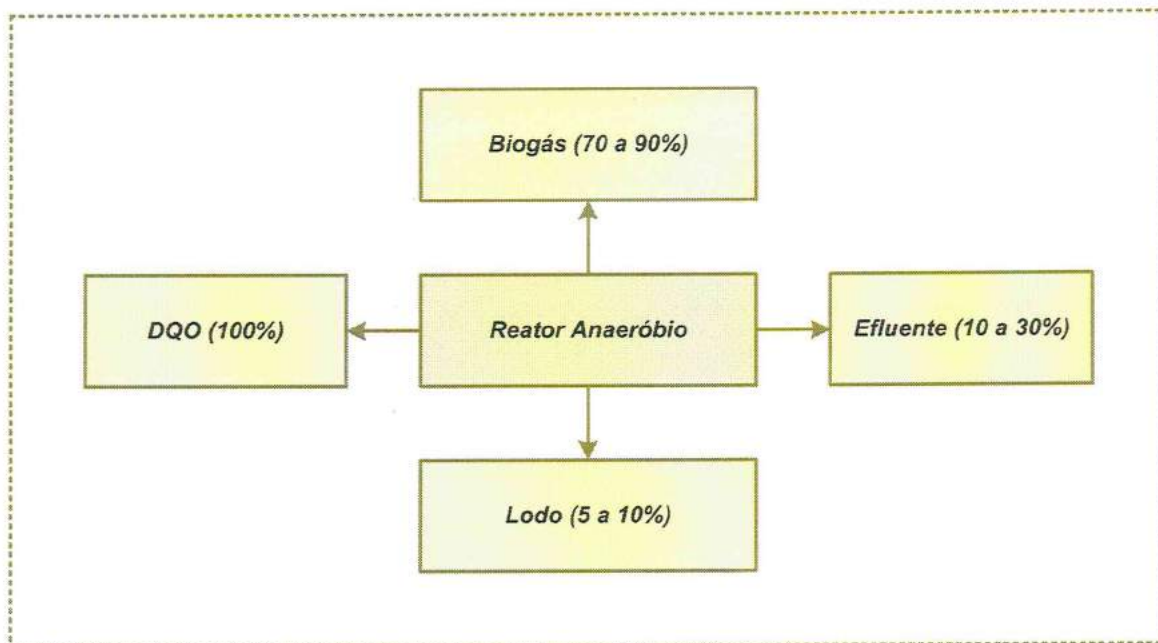


Figura 16 - Conversão Biológica em Sistema Anaeróbico.

Fonte: Adaptado de Chemicaro (2001).

1.3.1 Processo de Biodigestão Anaeróbia

O processo de biodigestão anaeróbia é uma das tecnologias atualmente disponível, capaz de contribuir para a redução da poluição ambiental e, ao mesmo tempo, de valorizar os subprodutos em causa. É definida como a conversão microbiológica da matéria orgânica numa mistura essencialmente composta por metano e dióxido de carbono. A biodigestão anaeróbia como processo de tratamento e valorização de resíduos, apresenta inegáveis vantagens, o que conduz a crescentes interesses por parte de entidades públicas e privadas, na sua aplicação em resíduos de natureza orgânica (MCKENDRY, 2002).

Mas para que a biodigestão anaeróbia, como processo natural que é, resulte e proporcione resultados verdadeiramente úteis, é necessário que este se realize em condições controladas. Para esse controle, utilizam-se biodigestores, onde sua constituição depende do tipo e do fornecimento do resíduo (SILVA, 1996).

Neste sentido, algumas substâncias e/ou variáveis na biomassa residual gerada podem inibir o processo anaeróbio, conforme apresenta a Tabela 3. Ou seja, faz-se necessário um controle do processo visando otimizar o sistema de tratamento.

Tabela 3 - Interferentes do Processo Anaeróbio.

Variável	Condição de Inibição do Processo Anaeróbio	Procedimento
pH	pH menor que 6,0 e a maior que 8,0.	Modificar o pH pela adição de álcali/ácido e/ou utilização de insumos que não tenham como efeito alterar o pH.
Nitrogênio	Concentração baixa de nitrogênio.	Inserir no sistema compostos (Exemplo: Amônio, uréia) para suprir o nitrogênio como macronutriente para biota microbológica.
Fósforo	Concentração baixa de fósforo.	Inserir no sistema compostos (Exemplo: Uréia) para suprir o fósforo como macronutriente para biota microbológica.
Temperatura	Temperaturas do efluente menores que 15°C e maiores que 60°C podem provocar cargas de choque no sistema.	Controlar a temperatura dos efluentes por sistemas de troca de calor e/ou sistemas de contenção.
Desinfetantes	Em sistemas produtivos, períodos de limpeza das instalações produzem efluentes com concentração elevada de desinfetantes.	Utilizar desinfetantes e outros produtos químicos na higienização em concentrações pré-estabelecidas e sem desperdício.
Sulfetos	Concentração elevada de sulfetos.	Modificar os insumos e/ou adequar o sistemas de tratamento para controle e remoção de sulfetos.
Metais Pesados	Presença de metais pesados acima de determinadas concentrações.	Modificar os insumos e/ou adequar o sistemas de tratamento para controle e remoção de metais pesados.

Fonte: Adaptado de Speece (1996).

Atualmente, muitos estudos estão voltados para a compreensão do processo biológico da biodigestão anaeróbia, pois esse processo é um dos mais promissores no campo da biotecnologia, uma vez que pode promover a degradação de resíduos orgânicos que são gerados em grandes quantidades em áreas agrícola, urbanas e em atividades industriais e agroindustriais em diversas regiões (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

1.3.1.1 Biodigestores

Os biodigestores são sistemas destinados a conter o efluente que entrará em contato com os microrganismos, em condições de total ausência de oxigênio, onde haverá a produção e o armazenamento preliminar dos compostos gasosos, como o biogás e o digestato (FERNANDES, 2012).

Segundo o Centro Para a Conservação de Energia (CCE) (2000), existem inúmeros projetos de biodigestores, mas todos invariavelmente se constituem de duas partes, como o tanque, para reter a biomassa e o gasômetro no pré-armazenamento do biogás, conforme demonstra a Figura 17.

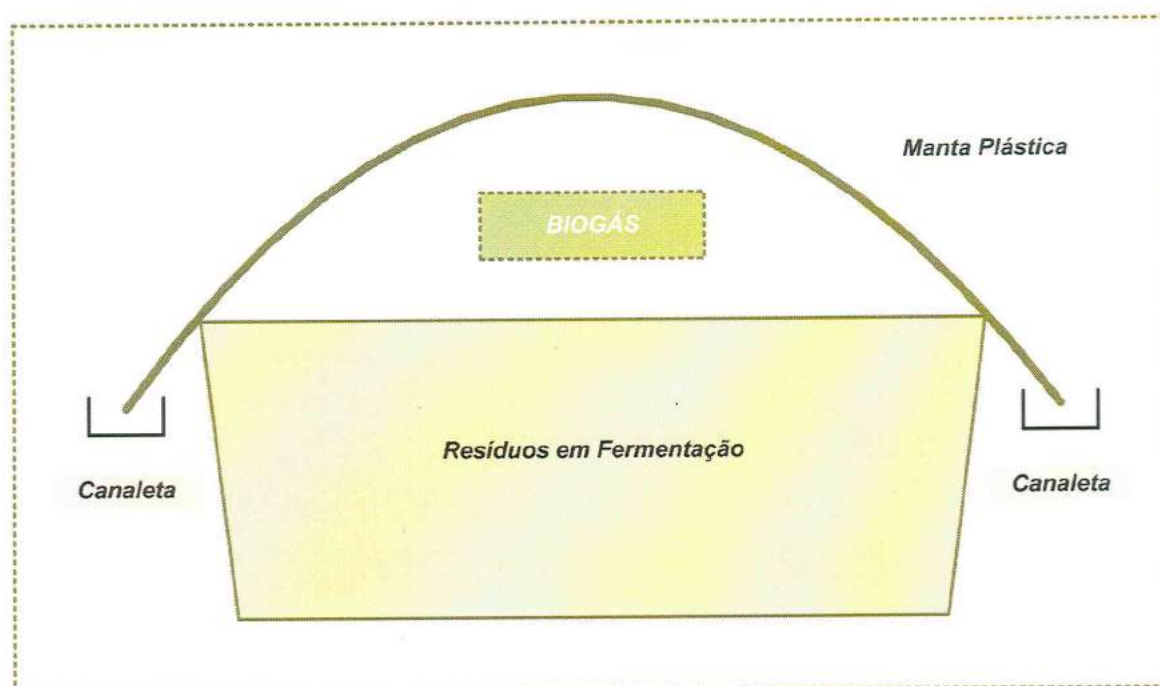


Figura 17 - Modelo dos Projetos de Biodigestores.

Fonte: Adaptado de Cervi, Esperancini e Bueno (2010).

O sistema de funcionamento dos biodigestores depende do tipo e da forma na qual será fornecida a biomassa, sendo que, há dois sistemas básicos de funcionamento, como o sistema intermitente e o sistema contínuo (CCE, 2000).

a) Sistema Intermitente

No sistema intermitente, a alimentação de biomassa é feita de uma única vez (1). Assim que a biomassa introduzida é totalmente decomposta pelos

microrganismos (2), retira-se a carga (3) e introduz uma nova carga. A Figura 18 mostra a operação de biodigestores em sistema intermitente.

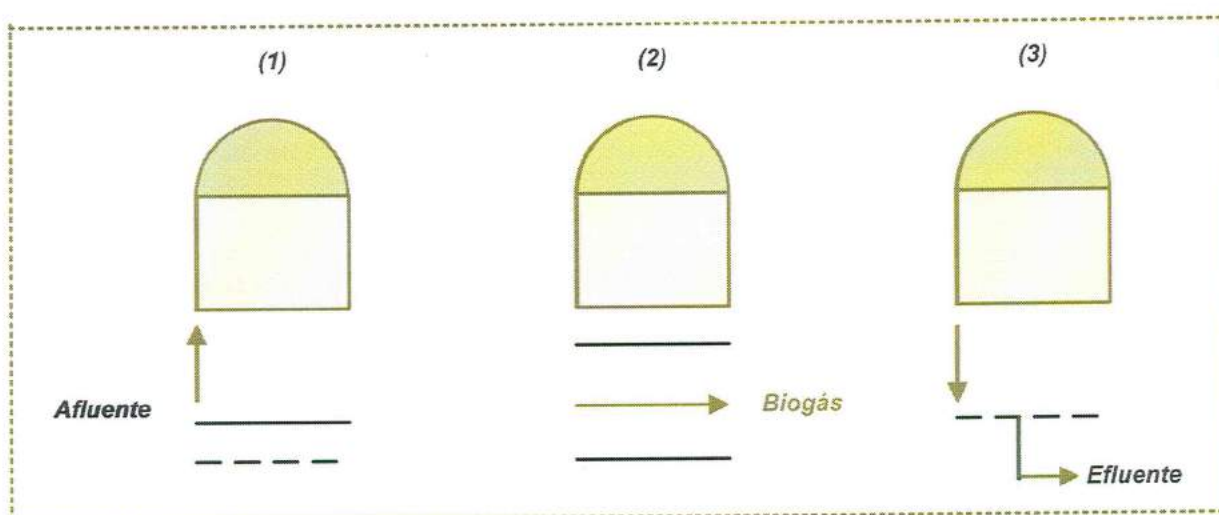


Figura 18 - Operação de Biodigestores em Sistema Intermitente.
Fonte: Centro Para a Conservação de Energia (CCE) (2000).

b) Sistema Contínuo

No sistema contínuo, para cada quantidade de resíduo que entra no biodigestor, igualmente será a quantidade de resíduo tratado que sai do biodigestor. Nesse sistema contínuo o volume de resíduo permanece constante ao longo do tempo. A Figura 19 mostra a operação de biodigestores em sistema contínuo.

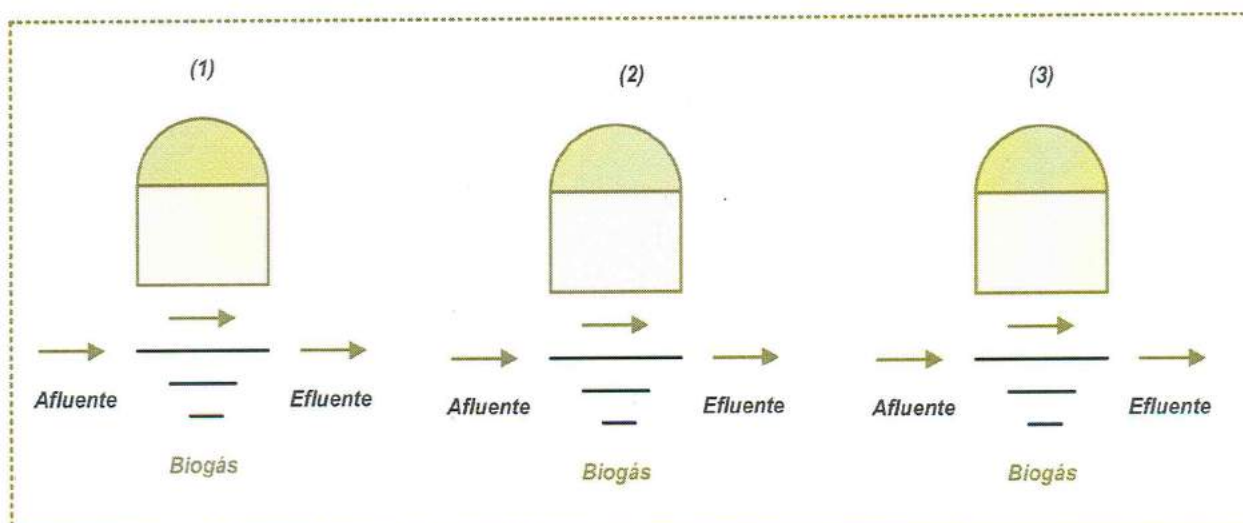


Figura 19 - Operação de Biodigestores em Sistema Contínuo.
Fonte: Centro Para a Conservação de Energia (CCE) (2000).

1.3.2 Processo de Cofermentação

Segundo Feiden (2010), o processo de cofermentação consiste no uso de misturas de diferentes substratos no sistema de biodigestão, para otimizar as características dos mesmos e produção de biogás. A Figura 20 apresenta a produção de biogás para diferentes substratos ($\text{m}^3/\text{toneladas}$), sendo possível visualizar o potencial energético do processo de cofermentação.

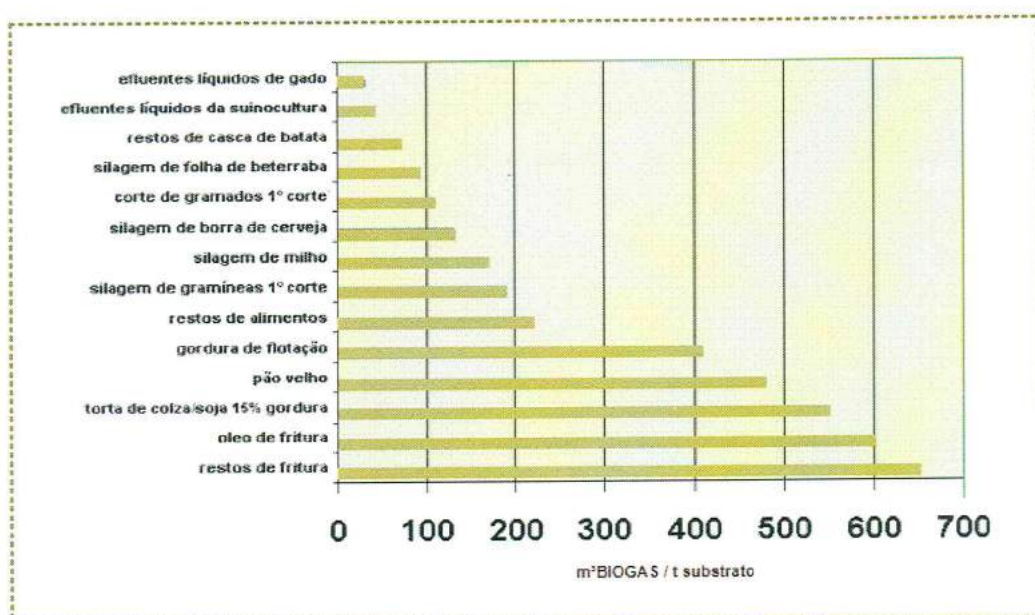


Figura 20 - Potencial Energético do Processo de Cofermentação.

Fonte: Adaptado de Biosolar - Landtechnik Weißenstephan (2012).

Ressalta-se que por meio do processo de cofermentação pode-se obter um substrato com qualidades nutricionais adequadas, além de teores de sólidos apropriados ao tipo de biodigestor utilizado. Este processo é muito comum na Alemanha, onde foram desenvolvidos equipamentos para facilitar a mistura de substratos e otimizar o teor de sólidos (FEIDEN, 2010).

1.3.3 Biogás

O biogás é composto por uma mistura gasosa formada a partir da decomposição da biomassa residual, produzida por bactérias anaeróbias, cujas percentagens dos gases variam de acordo com as características dos resíduos utilizados e as condições de funcionamento do biodigestor (CCE, 2000).

A composição exata do biogás e sua produção dependerá do tipo de resíduo utilizado, do modelo do biodigestor e das condições de operação (temperatura, pressão, pH, tempo de retenção hidráulica, etc.), que são indicativos do funcionamento do processo (SILVA, 1996).

A composição do biogás é formada por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e em quantidade reduzida, por outros gases como hidrogênio (H_2), nitrogênio (N_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S), monóxido de carbono (CO) e amônia (NH_3). A Tabela 4 apresenta a composição aproximada do biogás.

Tabela 4 - Composição do Biogás.

Gases	Quantidade (%)
Metano (CH_4)	50 a 80
Dióxido de Carbono (CO_2)	20 a 40
Hidrogênio (H_2)	1 a 3
Nitrogênio (N_2)	0,5 a 3
Sulfeto de Hidrogênio (H_2S) e Outros	1 a 5

Fonte: La Farge (1979).

Segundo Chernicharo (1997), a geração de biogás pelo processo de biodigestão anaeróbia apresenta quatro fases principais, tais como:

a) Hidrólise: Por ação de exoenzimas liberadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas, os materiais particulados complexos (polímeros) são convertidos em materiais dissolvidos mais simples, sendo reduzidos em moléculas menores que são capazes de atravessar as paredes celulares das bactérias fermentativas. b) Acidogênese: Por ação de bactérias fermentativas acidogênicas, os compostos formados na fase de hidrólise são convertidos em diversos compostos mais simples, tais como ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia e gás sulfídrico. c) Acetogênese: As bactérias acetogênicas são responsáveis pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogênica em substrato apropriado para as bactérias metanogênicas; os produtos gerados são o hidrogênio, o dióxido de carbono e o acetato. d) Metanogênese: É a etapa final do processo de degradação da matéria orgânica, sendo esta convertida em metano e dióxido de carbono por ação das bactérias metanogênicas (CHERNICHARO, 1997).

A Figura 21 apresenta o esquema das quatro fases da produção de biogás no processo de biodigestão anaeróbia. Ressalta-se que o biogás possui um potencial energético significativo, capaz de ser utilizado para a geração de energia elétrica, térmica ou mecânica, podendo vir a se constituir em importante centro gerador de

recursos para suprir os custos ambientais das atividades que geram efluentes (FERNANDES, 2012).

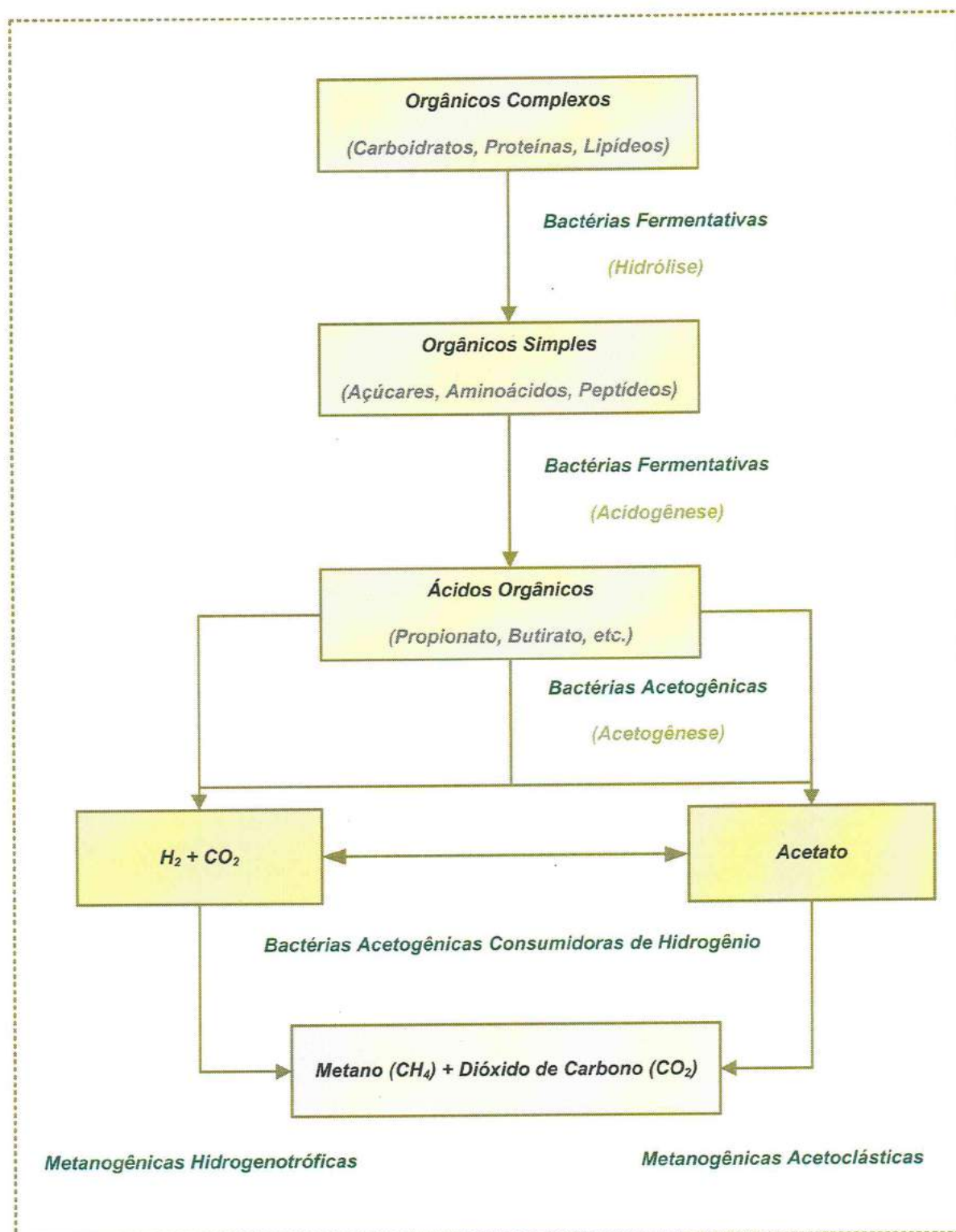


Figura 21 - Fases da Produção de Biogás.

Fonte: Adaptado de Van Haandel e Lettinga (1994).

2 MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com os temas abordados no estado da arte, existem metodologias para desenvolver o conceito de agricultura energética, visando incrementar a produção do biogás a partir do processo de biodigestão anaeróbia com biomassa residual e culturas energéticas.

Neste sentido, a metodologia para determinar as culturas energéticas eficazes para otimizar a produção de biogás com biomassa residual de suinocultura baseou-se na metodologia que foi desenvolvida para o Projeto Agricultura Energética Ligada ao Plantio Direto. Este projeto está inserido na Região Oeste do Paraná na Bacia Hidrográfica do Paraná 3 (BP3) (Figura 22), celebrado entre a ITAIPU Binacional (IB) e o Centro Internacional de Energias Renováveis com Ênfase em Biogás (CIER-Biogás) da Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI).

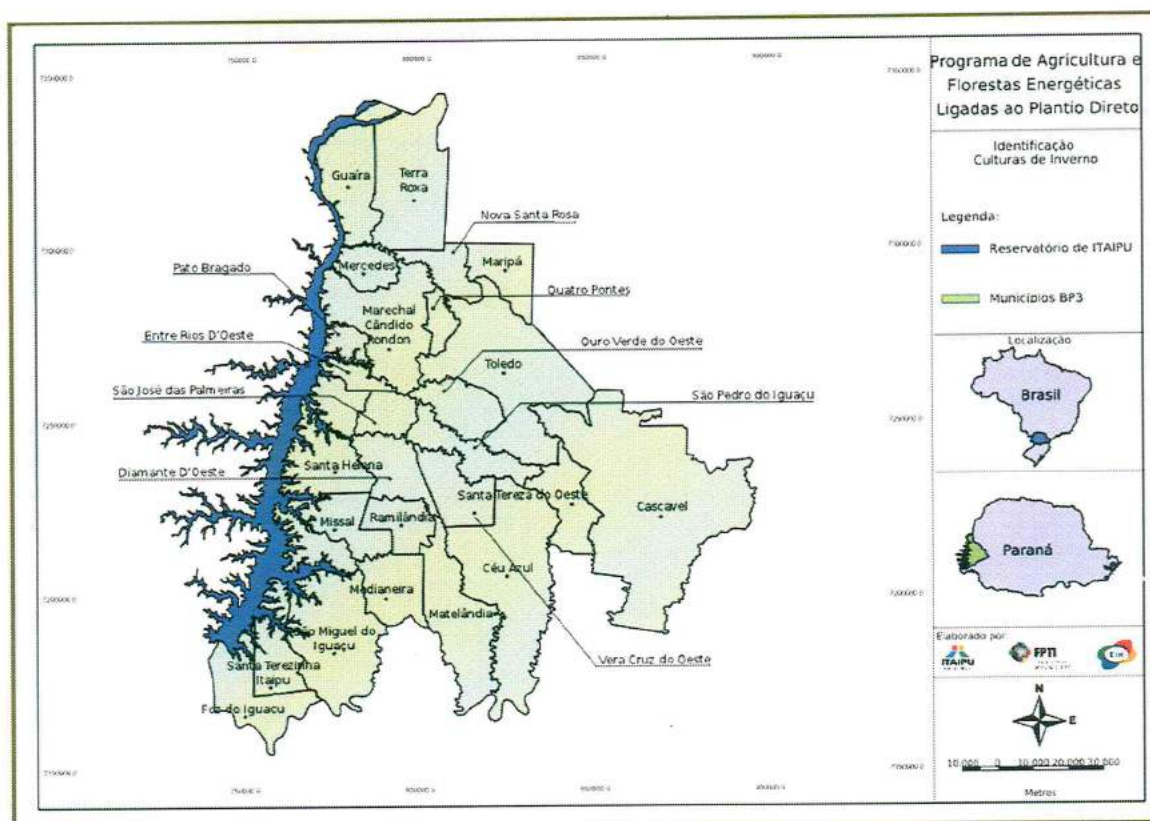


Figura 22 - Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Paraná 3.
Fonte: Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) (2012).

A Figura 23 apresenta o fluxograma do Projeto Agricultura Energética Ligada ao Plantio Direto.

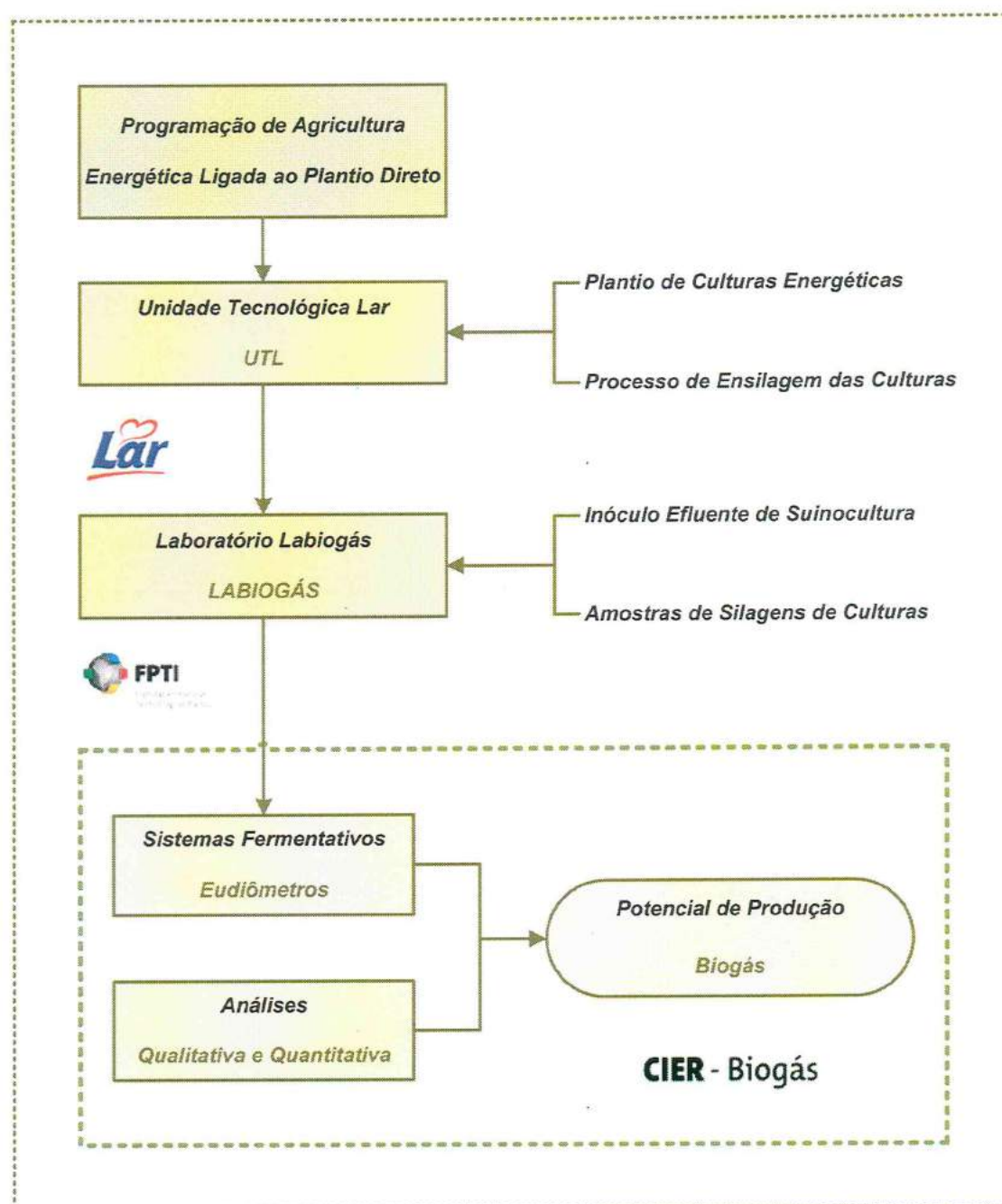


Figura 23 - Fluxograma do Projeto de Agricultura Energética.

Neste contexto, foram desenvolvidos procedimentos metodológicos para determinar o potencial energético das culturas, como aveia preta, braquiária, milho e trigo, por serem culturas que produzem grande volume de massa verde e matéria seca, além de estarem disponíveis na Região Oeste do Paraná.

Para tanto, a Unidade Tecnológica Lar (UTL) da Cooperativa Agroindustrial Lar realizou o cultivo das culturas sob o Sistema Plantio Direto, que posteriormente foi conduzido ao processo de ensilagem. Após isto, as amostras de substratos de silagens provenientes destes processos foram encaminhadas para o Laboratório de Biogás (LABIOGÁS) e inseridas com inóculo de suinocultura em sistema de fermentação anaeróbia em batelada, conhecido como conjunto de eudiômetros, responsáveis por reproduzir o processo de biodigestão anaeróbia.

No laboratório, as amostras de silagens foram misturadas com dosagens certas de água residuária, para que a quantidade de Sólidos Voláteis (SV) fosse elevada, resultando assim, no aumento da produção de biogás, que foi verificada através do medidor portátil de gases, o que permitiu determinar a cultura com maior potencial energético.

Assim, a concepção e a metodologia para implantação da agricultura energética foi estruturada em cinco etapas específicas, a saber (Figura 24):

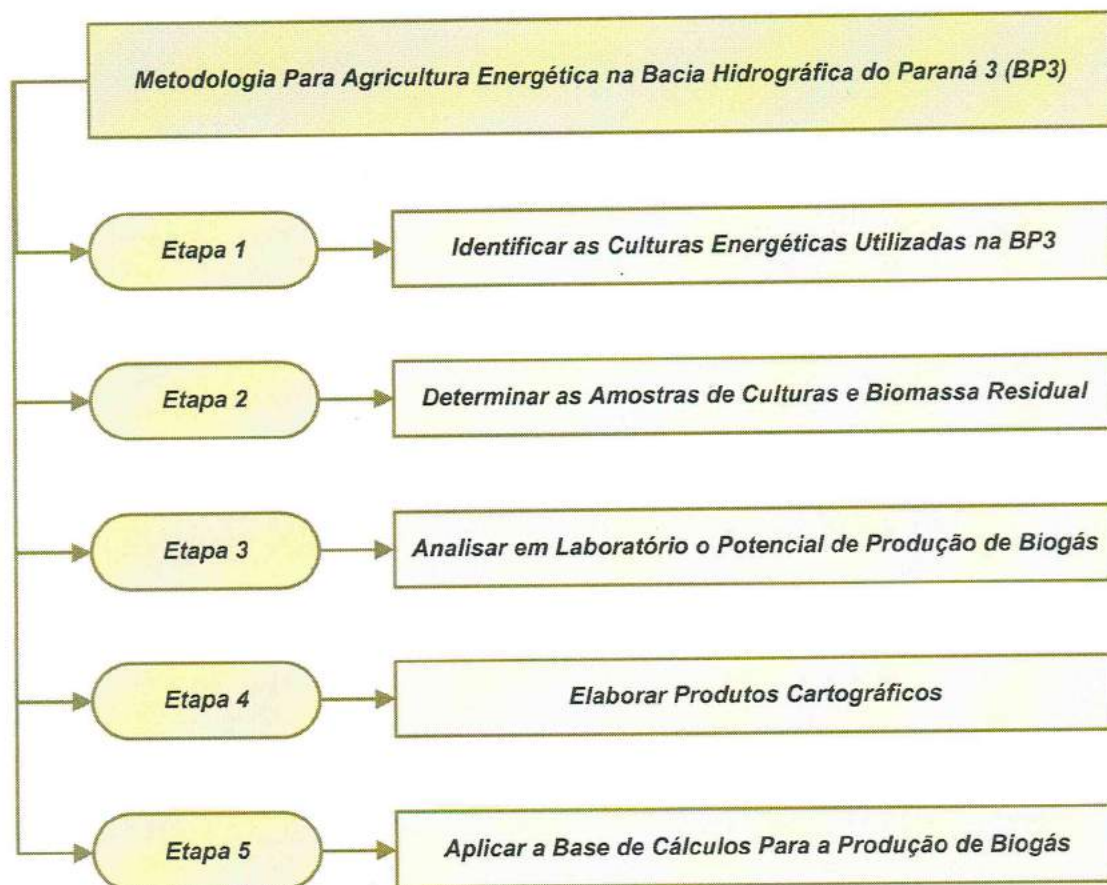


Figura 24 - Metodologia do Projeto de Agricultura Energética na BP3.

A descrição para o desenvolvimento de cada etapa da metodologia da Programação de Agricultura Energética Ligada ao Plantio Direto é apresentada a seguir.

2.1 Identificar as Culturas Energéticas Utilizadas na BP3

As informações de referência para a identificação das culturas de inverno como aveia preta, milho e trigo existentes na Bacia Hidrográfica do Paraná 3, foram levantadas junto ao banco de dados de instituições e órgãos reconhecidos, como a Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB) e o Departamento de Economia Rural (DERAL), sendo baseados em dados da Safra de Inverno de 2011, conforme apresenta a Tabela 5. Ressalta-se que as informações da cultura de braquiária não constam neste levantamento, devido à ausência de dados junto às instituições e órgãos de pesquisa.

Tabela 5 - Safra de Inverno de 2011 na Bacia Hidrográfica do Paraná 3.

Safra de Inverno de 2011: Bacia Hidrográfica do Paraná 3						
Culturas de Inverno	Aveia Preta		Milho Safrinha		Trigo	
Municípios	Área Total (ha)	Produção (t)	Área Total (ha)	Produção (t)	Área Total (ha)	Produção (t)
Cascavel	3000	4800	13500	68850	13500	37800
Diamante d'Oeste	500	650	2000	10000	1100	2750
Entre Rios do Oeste	36	36	4980	27141	120	252
Foz do Iguaçu	150	165	6350	40640	2000	5000
Guaíra	50	60	24000	134400	7000	22400
Itaipulândia	50	55	6733	35012	1200	2232
Marechal Cândido Rondon	100	150	16000	88000	4000	12400
Maripá	480	720	15000	75000	3500	9450
Matelândia	200	300	5510	30636	2350	6580
Medianeira	200	200	7500	41250	1300	2730
Mercedes	50	60	5050	25250	2000	5600
Missal	50	60	13720	74774	600	1116
Nova Santa Rosa	-	-	10250	54325	500	1350
Ouro Verde do Oeste	1700	2890	2500	13250	3000	7500
Quatro Pontes	100	170	7000	45500	1200	4020

Fonte: SEAB e DERAL (2011).

Tabela 5 - Continuação.

Safr de Inverno de 2011: Bacia Hidrográfrica do Paraná 3						
Culturas de Inverno	Aveia Preta		Milho Safrinha		Trigo	
Municípios	Área Total (ha)	Produção (t)	Área Total (ha)	Produção (t)	Área Total (ha)	Produção (t)
Ramilândia	200	240	2500	12500	1200	3272
Santa Helena	200	240	24500	129850	1000	2500
Santa Tereza do Oeste	2000	2200	10000	57500	7000	19250
Santa Teresinha de Itaipu	100	110	14500	75400	1000	2500
São José das Palmeiras	60	72	2000	10400	180	486
São Miguel do Iguaçu	700	840	44000	228800	1500	4463
São Pedro do Iguaçu	200	240	1600	8160	6000	17400
Terra Roxa	500	600	39000	195000	3600	10800
Toledo	2000	3200	39000	202800	20000	58000
Vera Cruz do Oeste	2800	3640	800	4760	10000	30000
TOTAL	15.426	21.698	317.993	1.689.197,2	94.850	269.850,9

Fonte: SEAB e DERAL (2011).

2.2 Determinar as Amostras de Culturas e Biomassa

2.2.1 Culturas Energéticas

Para o projeto optou-se por trabalhar e pesquisar o potencial de produção de biogás das culturas ensiladas, como aveia preta, braquiária, milho e trigo. Estas culturas foram escolhidas por serem as mais cultivadas na região, seja para produção de grãos nas estações de inverno e verão, produção de silagem para bovinocultura e também produção de pasto para alimentação animal.

O plantio destas culturas foi realizado na Unidade Tecnológica Lar (UTL) da Cooperativa Agroindustrial Lar, localizada no município de Medianeira, estado do Paraná. A empresa é responsável por desenvolver e acompanhar o plantio de diversas culturas, para a avaliação com empresas parceiras, quanto à aplicação de tecnologia aos cooperados, conforme as características e resultados de cada região.

O cultivo das culturas agrícolas foi realizado sob o Sistema Plantio Direto em uma área experimental de 11,70 hectares da Unidade Tecnológica Lar, para cultivar

variedades de aveia comercial preta, braquiária (*Brachiaria ruziziensis*), milho (Coodetec 384) e trigo (Coodetec 154).

A Tabela 6 apresenta área disponível na unidade experimental para realizar o plantio das culturas energéticas.

Tabela 6 - Área Disponível Para Cultivar Culturas Energéticas na UTL.

Cultura Energética	Área Disponível
Aveia Comercial Preta	6,20 hectares
Braquiária (<i>Brachiaria ruziziensis</i>)	1,90 hectares
Milho (Coodetec 384)	1,50 hectares
Trigo (Coodetec 154)	2,10 hectares

A Figura 25 apresenta o mapa de localização da Unidade Tecnológica Lar, delimitando a área de plantio das culturas energéticas.



Figura 25 - Mapa de Localização da Unidade Tecnológica Lar.
Fonte: Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) (2012).

A Figura 26 apresenta o plantio das culturas agrícolas, como aveia preta,

braquiária, milho e trigo na área experimental da Unidade Tecnológica Lar.

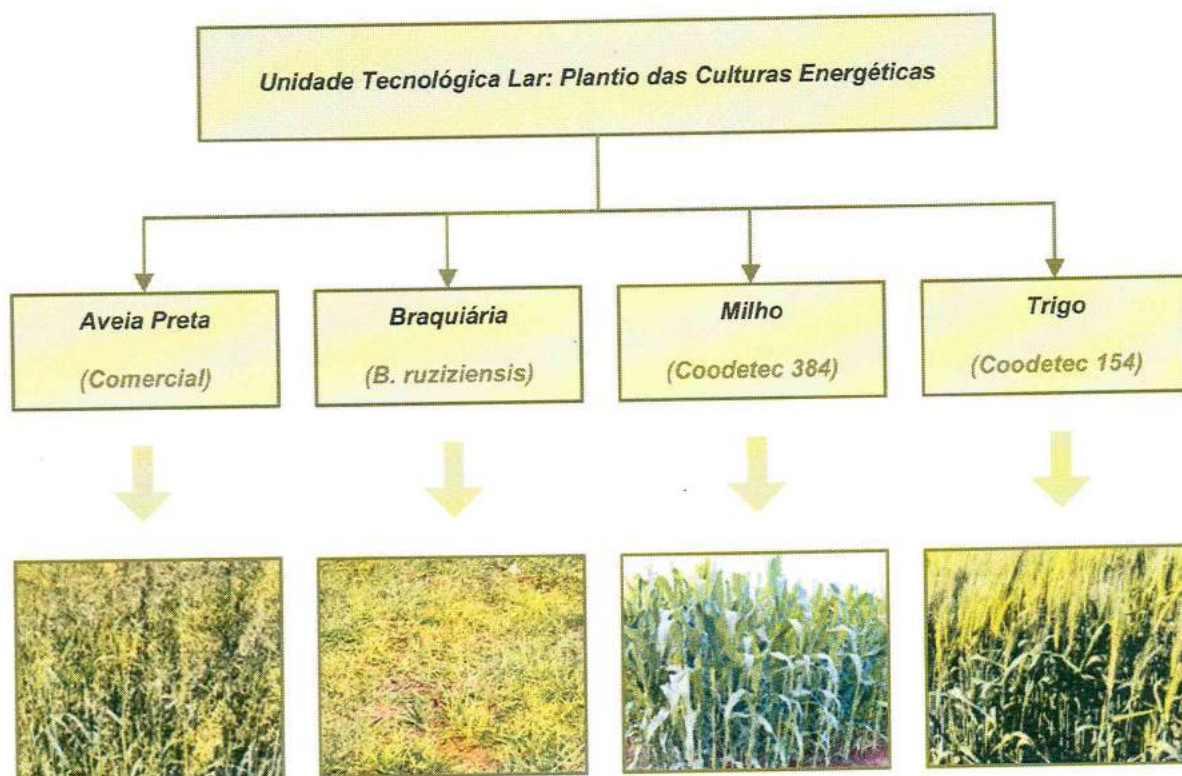


Figura 26 - Plantio das Culturas Agrícolas na UTL.

2.2.1.1 Análise de Solo

Ressalta-se que anteriormente ao plantio solicitou-se uma análise de solo para verificar as condições de fertilidade presentes na área destinada ao cultivo das culturas. A análise de solo é o principal meio para a diagnose da necessidade de corretivos e de fertilizantes da maioria das culturas, principalmente as de ciclo anual. O diagnóstico da fertilidade do solo é realizado pelo enquadramento dos resultados das análises de solo e de tecido vegetal em amplitudes de valores, conforme a probabilidade de resposta das culturas.

Considerando a amplitude de características que as culturas de grãos apresentam, seu desenvolvimento em geral é máximo quando o pH do solo está entre 5,5 e 6,0. Nessa condição, a solubilidade do alumínio (Al) e do manganês (Mn) é baixa, e estes não causam fitotoxidez. Analisando os resultados encontrados na amostra de solo, verifica-se que o valor de pH é igual a 5,0, no entanto, não há necessidade de correção do solo, visto que a saturação da Capacidade de Troca

Catiônica (CTCef) por Al é nula e o teor de fósforo encontrado na análise é enquadrado como muito alto.

Levando-se em conta os resultados encontrados na análise de solo (Figura 27) para os principais macronutrientes, N (Nitrogênio), P (Fósforo) e K (Potássio), revela-se que a fertilidade do solo é alta, sendo necessário realizar somente adubação para manutenção da fertilidade do solo e para a extração das culturas até o ponto de colheita. Estes valores são calculados levando-se em conta o nível tecnológico da área, potencial de produtividade, culturas plantadas e os teores de nutrientes encontrados na análise. O cálculo da quantidade de fertilizante necessário foi realizado pelo técnico responsável da Unidade Tecnológica Lar.

Resultados das Análises de Solos											
Macronutrientes			Micronutrientes		Granulometria						
P mg/dm	K cmol/dm ³	C g/dm ³	Cu mg/dm	Zn mg/dm	Argila %	Silte %	Areias %				
26,00	0,59	21,82	8,08	6,25	ANS	ANS	ANS				
M.Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Classificação conforme Instrução Normativa nº 10, de 14 de junho de 2005, seção 01, página 12, e alterada pela Instrução Normativa nº 12 através de retificação publicada no DOU de 17 de junho de 2005, seção 01, página 98						
Ca ²⁺ cmol/dm ³	Mg ²⁺ cmol/dm ³	H ⁺ +Al ³⁺ cmol/dm ³	Fe mg/dm	Mn mg/dm							
6,59	1,56	5,35	32,00	190,00							
Alto	Alto		Médio	Alto							
pH	Al ³⁺ cmol/dm ³	S-(SO ₄) ²⁻ mg/dm	B mg/dm								
5,00 ¹	0,00	4,90	0,74								
Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Este Laboratório participa da Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agrícolas - C.E.L.A. - Pr							
Saturações		Complexo de Trocas			Índices das Relações						
SB cmol/dm	T cmol/dm	V _s %	Al ³⁺ %	Ca ²⁺ %	Mg ²⁺ %	K ⁺ %	Ca ²⁺ /Mg ²⁺	Ca ²⁺ /K	Mg ²⁺ /K	$\frac{Ca^{2+}+Mg^{2+}}{K}$	$\sqrt{\frac{K}{Ca^{2+}+Mg^{2+}}}$
8,74	14,09	62,03	0,00	46,77	11,07	4,19	4,22	11,17	2,64	13,81	0,21
Alto	Médio	Médio	M.Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto	Médio	Baixo	Baixo	Alto
SB - Soma das Bases		V _s - Saturação das Bases		P, K ⁺ , Cu, Zn, Fe e Mn - Mehlich I - Ca ²⁺ , Mg ²⁺ e Al ³⁺ - KCl - C - Bicromato - pH - Cloreto de Cálcio							
T - Capacidade de Trocas Catiônicas		ANS - Análise Não Solicitada		H ⁺ +Al ³⁺ - Tampão SMP - S(SO ₄) ²⁻ - Fosfato Monocálcico - B - Cloreto de Bário							

Figura 27 - Laudo das Análises de Solos.

Ressalta-se que normalmente os solos brasileiros têm bons teores de micronutriente, e interpretando os resultados presentes na análise de solo, define-se que não é necessária a inclusão específica de micronutrientes na recomendação de fertilizantes para estes cultivos, sendo que todos os micronutrientes avaliados encontram-se com níveis médio e alto.

Deve-se, no entanto ficar atento para o momento de aplicação dos fertilizantes, principalmente das doses de nitrogênio, que devido ao objetivo do plantio (silagem) envolve grandes quantidades do elemento a serem aplicadas, sendo necessário parcelá-las ao longo do desenvolvimento das culturas.

Dessa forma, as gramíneas anuais de estação quente são, normalmente, cultivadas em sistemas integrados com lavouras. Neste caso, as práticas de calagem e de adubação devem ser adequadas as características dos sistemas de cultivo adotados, como o local do plantio encontra-se sob o Sistema Plantio Direto já consolidado e levando-se em conta a análise de solo, também não seria necessário a correção do pH para níveis mais elevados 5,5 ou 6,0. Devendo-se da mesma maneira estar atento para a adubação nitrogenada, visto a grande demanda deste nutriente pelas gramíneas de estação quente, e neste caso, principalmente devido ao rápido ciclo de crescimento da braquiária.

2.2.1.2 Processo de Ensilagem

Após o período de plantio, cada cultura energética foi conduzida até o ponto ideal de corte para o processo de ensilagem. Neste caso, para o projeto PAFE, a produção de silagens é abordada sob o aspecto, que até o devido momento são realizados poucos estudos por pesquisadores e instituições de pesquisa no Brasil, quanto ao uso da silagem para a aplicação em sistemas de biodigestão, de maneira a aumentar a produção de biogás.

Para tanto, no processo de biodigestão, a silagem contribui para o aumento do potencial de produção de biogás e também como fonte de matéria seca em locais ou em sistemas de biodigestão, onde o principal efluente é muito líquido, não apresentando quantidade suficiente de material orgânico para o processo de biodigestão, assim sendo, a silagem tornou-se uma alternativa para viabilizar este processo.

Neste contexto, o processo de ensilagem realizado pela UTL foi após o plantio das culturas energéticas, consistindo no corte da forragem na lavoura, onde foram picadas em pedaços de 2 a 3 cm e dispostas na forma de camadas em dois silos tipo superfície, com formato retangular, que apresentaram 2,40 m de comprimento, 1,20 m de largura e 0,40 m de altura, conforme mostra a Figura 28.

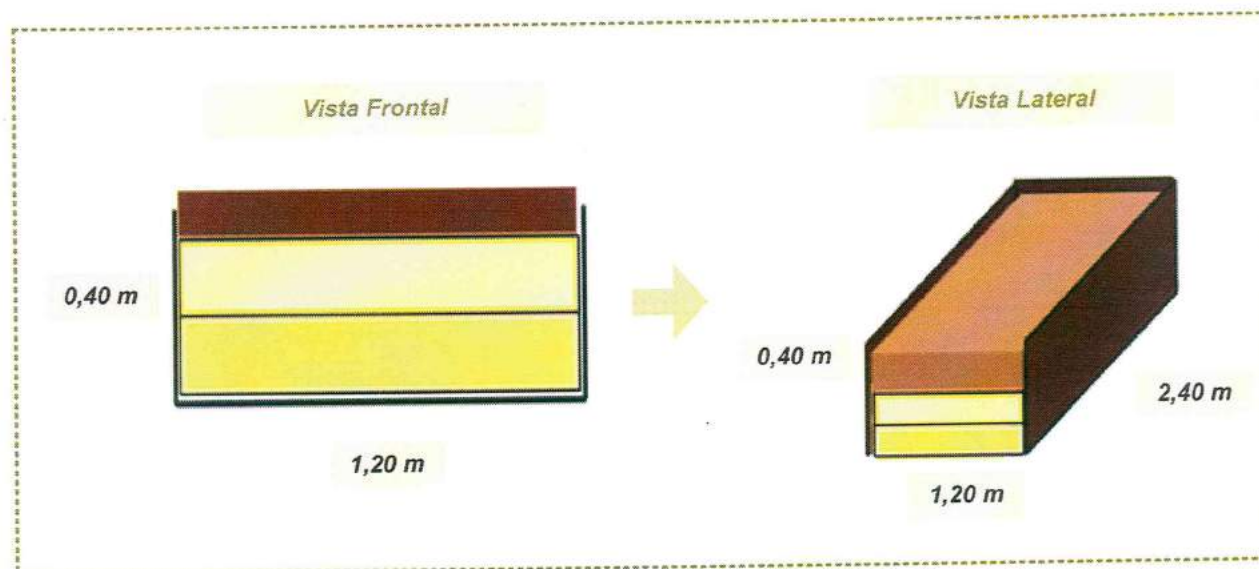


Figura 28 - Esquema do Modelo do Silo Tipo Superfície.

A escolha do silo tipo superfície pela Unidade Tecnológica Lar, ocorreu devido a pequena quantidade de amostras a serem analisadas pelo laboratório, por isso, não houve a necessidade de grandes áreas para plantio, conseqüentemente não se justificaria a construção ou utilização de um silo tipo trincheira, ou aquisição de “silobags” ou até mesmo a contratação de serviços para confeccionar um silo tipo fardo.

Nos silos tipo superfície, o processo de ensilagem ocorreu pela disposição de camadas de culturas. Ou seja, a cada camada de cultura energética colocou-se uma lona para a divisão da camada seguinte, sendo cobertas com uma fina camada de terra, para facilitar o processo de compactação e expulsão do ar. Assim, no primeiro silo formaram-se duas camadas de forragem, uma de aveia preta seguida de milho e no segundo silo também houve duas camadas formadas, uma de trigo e a outra de braquiária.

O período necessário para completar o processo de ensilagem em ambos os silos durou aproximadamente 40 dias, prazo considerado suficiente para ocorrer o processo de fermentação anaeróbia e produzir uma silagem de boa qualidade.

A Tabela 7 apresenta a data em que iniciou o plantio e o processo de ensilagem das culturas energéticas, o período necessário para o desenvolvimento destas e a data de coleta das silagens prontas.

Tabela 7 - Período do Processo de Silagem das Culturas Energéticas.

Cultura Energética	Data de Plantio	Data da Silagem de Cultura	Desenvolvimento da Cultura	Data de Coleta da Silagem
Aveia Comercial Preta	10/04/2012	31/07/2012	111 dias	19/10/2012
Braquiária (<i>B. ruziziensis</i>)	05/04/2012	30/08/2012	146 dias	19/10/2012
Milho (Coodetec 384)	02/04/2012	31/07/2012	121 dias	19/10/2012
Trigo (Coodetec 154)	15/04/2012	30/08/2012	136 dias	19/10/2012

Após os procedimentos de coleta das amostras de silagens, as mesmas foram encaminhadas ao Labiogás, para as análises quantitativas e qualitativas do biogás produzido, por cada cultura energética. A Figura 29 demonstra o processo de ensilagem das culturas energéticas realizado na unidade experimental da UTL.

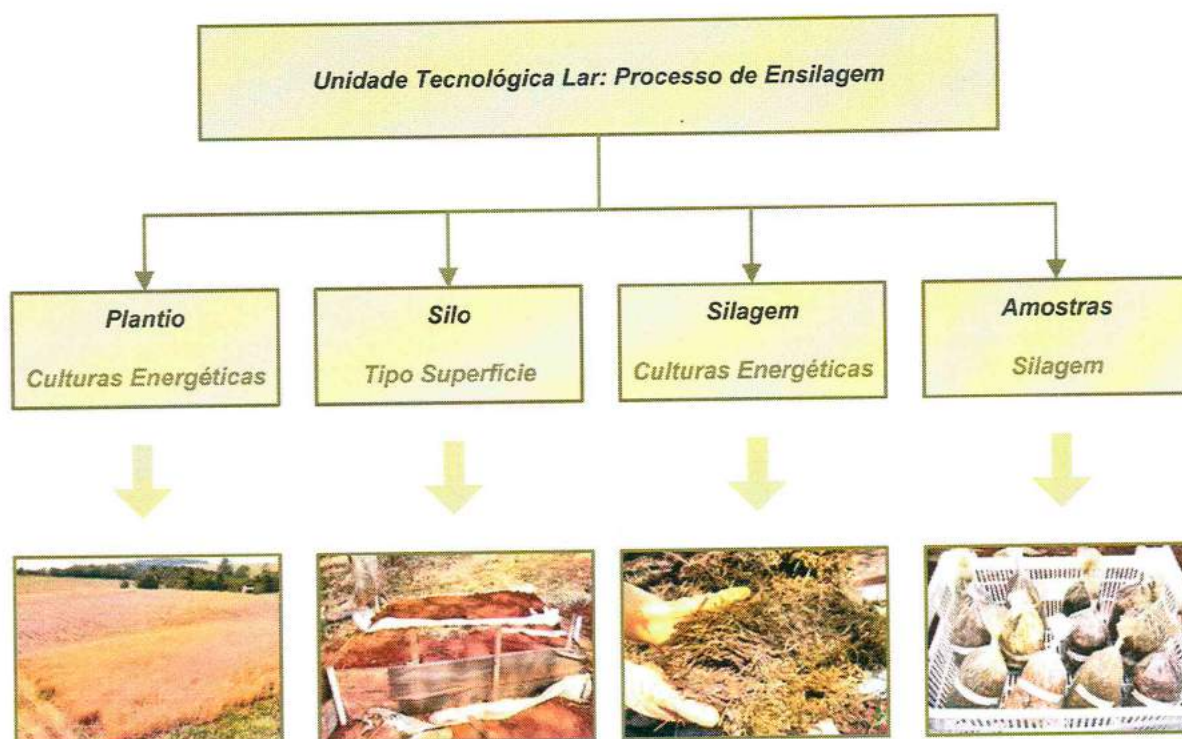


Figura 29 - Processo de Ensilagem das Culturas Energéticas na UTL.

2.2.2 Biomassa Residual

A biomassa residual utilizada para realizar as análises de laboratório foi coletada na Unidade Granja Colombari (UGC), sendo usada para os ensaios, como inóculo e substrato.

Ressalta-se que o sistema de produção de suínos na Unidade Granja Colombari é intensivo, ou seja, é um sistema de criação confinado na fase de terminação. Neste sistema consideram-se as entradas de insumos (água, energia, ração, medicamentos, sanitizantes), instalações, tipo e categoria de produção, formas de manejo e gerenciamento dos resíduos. Sendo que, o desempenho da produção irá depender da harmonia entre estes componentes.

Dessa maneira, a geração de biomassa residual na Unidade Granja Colombari está interligada principalmente a fatores de manejo, sistema de abastecimento de água, climatização e procedimentos de limpeza (Figura 30).

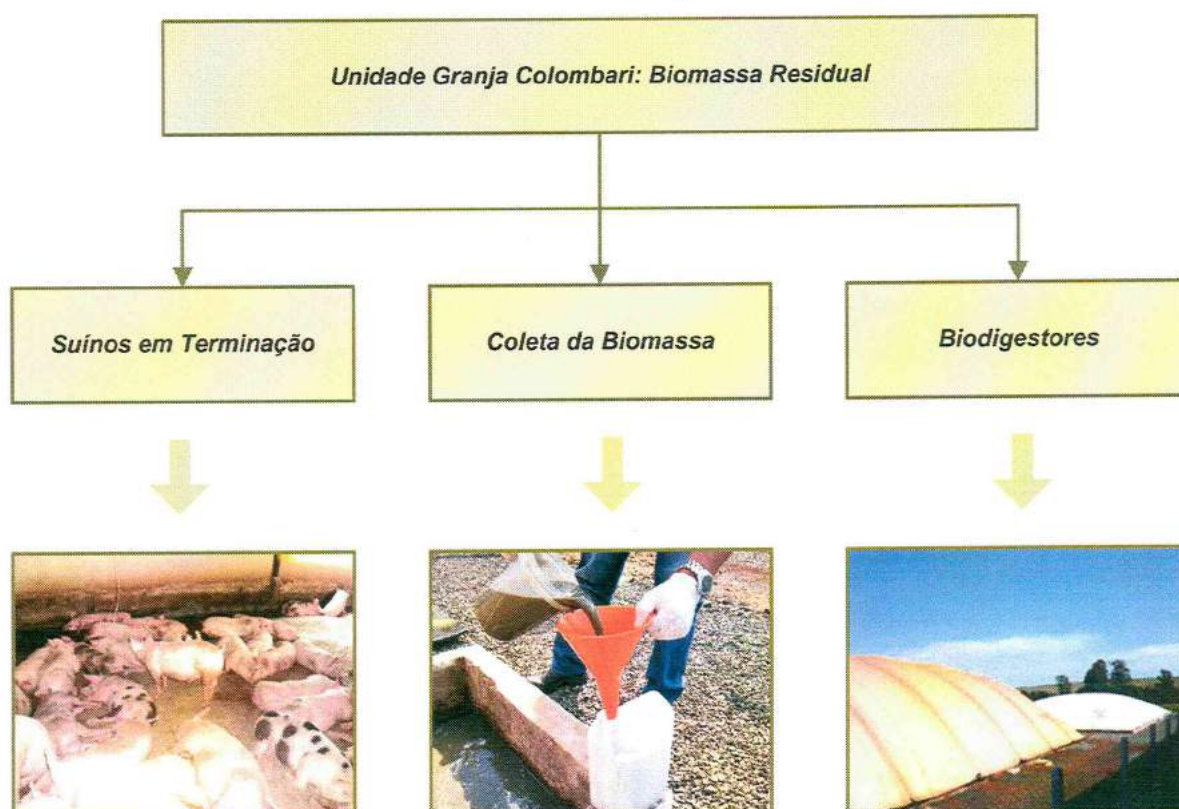


Figura 30 - Biomassa Residual da Unidade Granja Colombari.

2.3 Analisar em Laboratório o Potencial Energético

2.3.1 Preparo das Amostras

As amostras de silagens de culturas energéticas desenvolvidas na Unidade Tecnológica Lar foram encaminhadas ao Laboratório de Biogás, responsável por desenvolver os experimentos de digestão anaeróbia com efluente de suinocultura,

para determinar o potencial energético do biogás referente a cada amostra, conforme os procedimentos estabelecidos na Norma VDI 4630 (2006).

Ressalta-se que o preparo das amostras consistia no inóculo a partir de dejetos suíno, procedente da Unidade Granja Colombari, mais o dejetos bovino adquirido no Condomínio de Agroenergia Sanga Ajuricaba Para Agricultura Familiar; com adição das amostras de silagens das culturas energéticas, conforme demonstra a Figura 31.

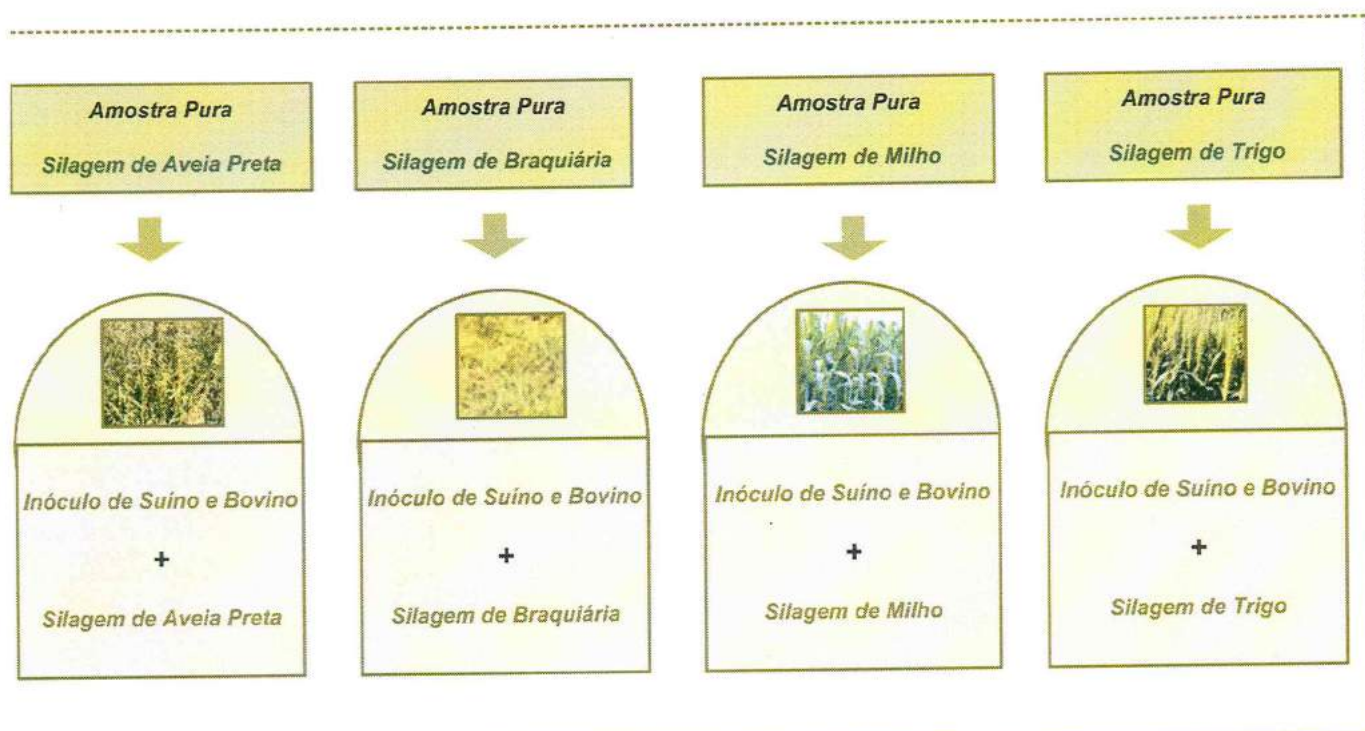


Figura 31 - Preparado das Amostras.

2.3.2 Procedimento de Determinação da Produção de Biogás

Detalhadamente, para realizar o experimento foram utilizados os sistemas de fermentação anaeróbia em batelada (Figura 32), definidos como conjunto de eudiômetros, que consistem em três células. Ressalta-se que cada conjunto de medição é constituída por um digestor com capacidade de 250 ml, um eudiômetro (500 ml) composto por um tubo interno para o recolhimento do gás e um tubo de compensação, onde o fluido de barreira (Solução de Sulfato de Sódio (NaSO_4), acidificada com ácido sulfúrico) deve ficar armazenado, sendo conectado a um recipiente de compensação na extremidade inferior.

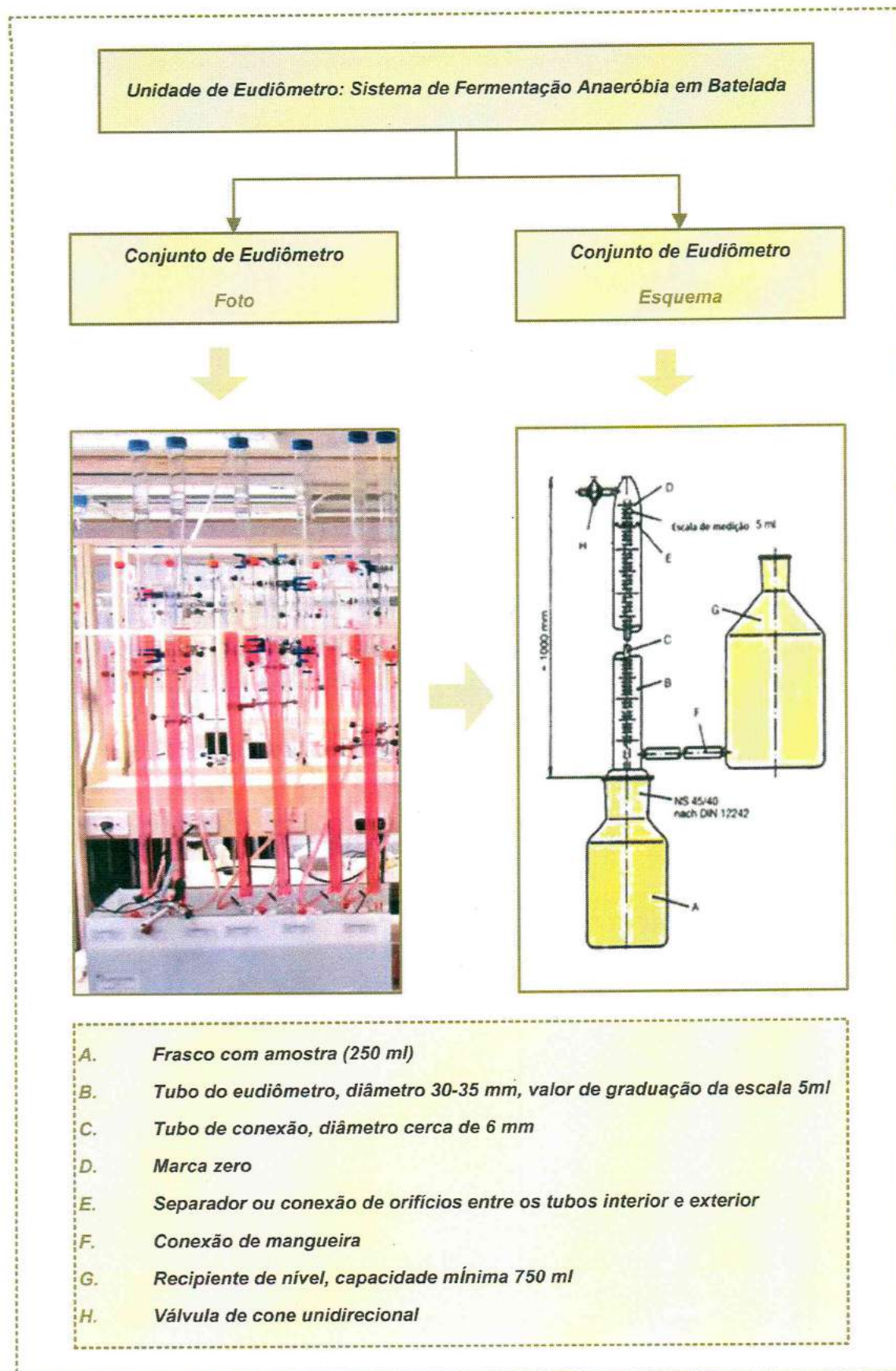


Figura 32 - Sistema de Fermentação Anaeróbia em Batelada.

O inóculo padrão é preparado em laboratório, sua composição é efluente de suinocultura e bovinocultura, e a amostra com substrato de silagens das culturas energéticas, que permaneceu aquecido em um banho-maria com uma temperatura constante de 37°C, podendo ter variado +/- 2°C.

Destaca-se que o biogás produzido nos digestores deslocava o líquido de barreira do tubo interno de recolhimento do gás, para o recipiente de compensação. A quantidade de biogás produzida foi constatada a partir da leitura na escala deste tubo de recolhimento do gás.

Assim, todos os experimentos com as amostras puras e as amostras compostas foram realizados em triplicata, ou seja, foram submetidos ao processo de fermentação, com três repetições nos conjuntos de medição. Durante todo período de fermentação, que teve duração aproximada de 38 dias, a produção de biogás e sua composição foram monitoradas continuamente, iniciando os ensaios no dia 30/10/2012 e finalizando em 15/12/2012.

A produção de biogás foi dada em litro normal por quilograma de sólidos voláteis ($L_N \text{ Biogás.kg}^{-1}_{SV}$), constatando assim, que o volume da produção de biogás deverá ser com base nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), sendo mensurada a partir da escala em mililitro (mL) do eudiômetro.

A análise da qualidade do biogás produzido pelas amostras foi realizada através das medições da sua composição, obtendo-se as concentrações de Dióxido de Carbono (CO₂), Hidrogênio (H₂), Metano (CH₄), Oxigênio (O₂) e Sulfeto de Hidrogênio (H₂S), sendo medidos por um analisador portátil de gases, Dräger X-am 7.000, o volume de metano ($L_N \text{ Metano.kg}^{-1}_{SV}$) a partir de cálculos com base na produção total de biogás.

2.4 Elaborar Produtos Cartográficos

Os produtos cartográficos foram referentes à elaboração de mapas com dados da produtividade das culturas energéticas, considerando a produção em toneladas pela área plantada em hectares, delimitados na BP3, para as culturas de aveia preta, milho safrinha e trigo, com exceção da braquiária.

A área de plantio utilizada para as culturas energéticas na BP3 representa uma área total de 433.839 hectares (ha) e uma produção de 1.991.406,1 toneladas (ton), correspondendo às culturas agrícolas de aveia preta, milho safrinha e trigo,

como demonstra a Tabela 8.

Tabela 8 - Área de Plantio das Culturas Energéticas na BP3.

Cultura Energética	Área Total (ha)	Produção (ton)
Aveia Preta	15.426	1.689.197,2
Milho Safrinha	317.993	269.850,9
Trigo	94.850	21.698
TOTAL	433.839	1.991.406,1

Fonte: SEAB e DERAL (2011).

2.4.1 Produtividade da Cultura Energética de Aveia Preta

Dentre as culturas analisadas, a aveia preta foi a cultura que apresentou menor área plantada na Bacia Hidrográfica do Paraná 3, correspondendo a 15.426 hectares, conforme mostra a Figura 33. Ressalta-se que o município de Cascavel apresentou maior área plantada, com 3.000 hectares. A produção total de aveia preta na Safra de Inverno de 2011 no Paraná foi de 21.698 toneladas, tendo os municípios de Cascavel e Vera Cruz do Oeste com maior produtividade na BP3.

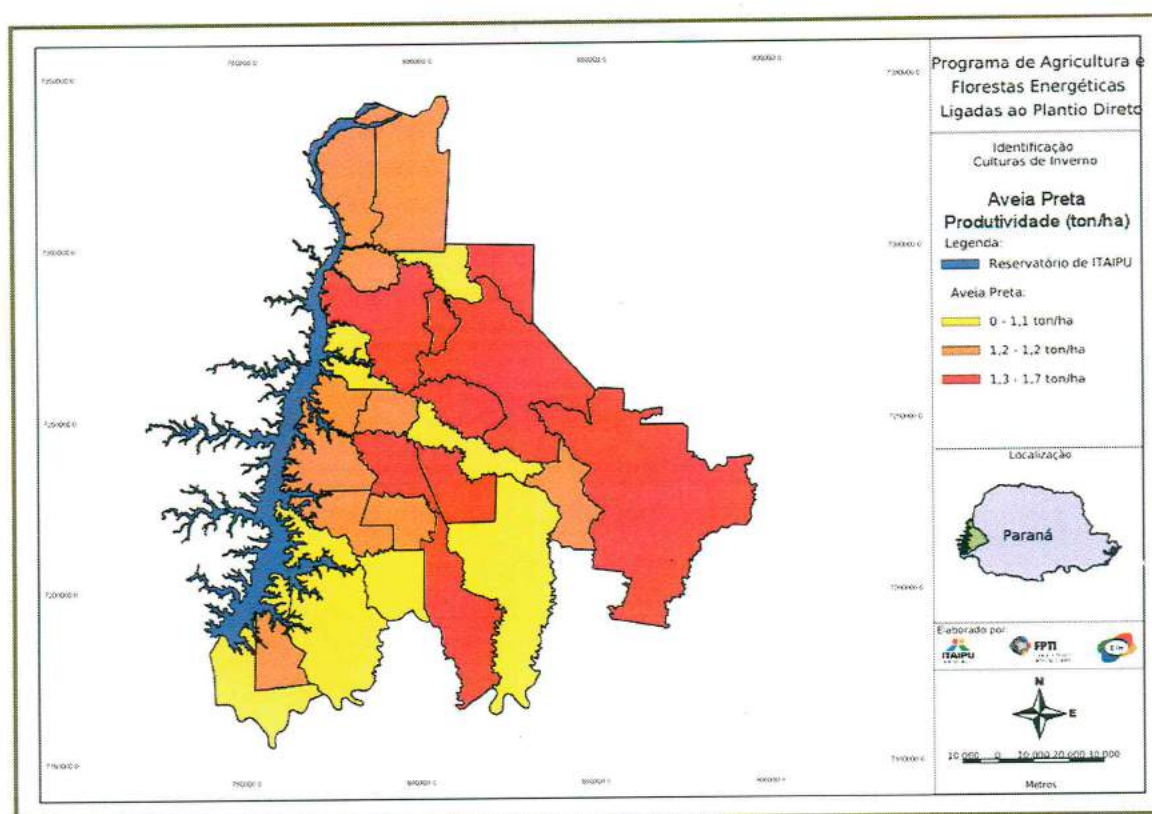


Figura 33 - Mapa de Produtividade da Cultura Energética de Aveia Preta.
Fonte: Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) (2012).

2.4.2 Produtividade da Cultura Energética de Milho Safrinha

Conforme os dados da Safra de Inverno de 2011 no Paraná, a cultura do milho safrinha foi a que apresentou maior área de plantio ao longo da Bacia Hidrográfica do Paraná 3, correspondendo a 317.993 hectares. O município de São Miguel do Iguaçu foi o que apresentou a maior área de plantio, representando 44.000 hectares. A Figura 34 apresenta a produtividade da cultura do milho safrinha na Bacia Hidrográfica do Paraná 3.

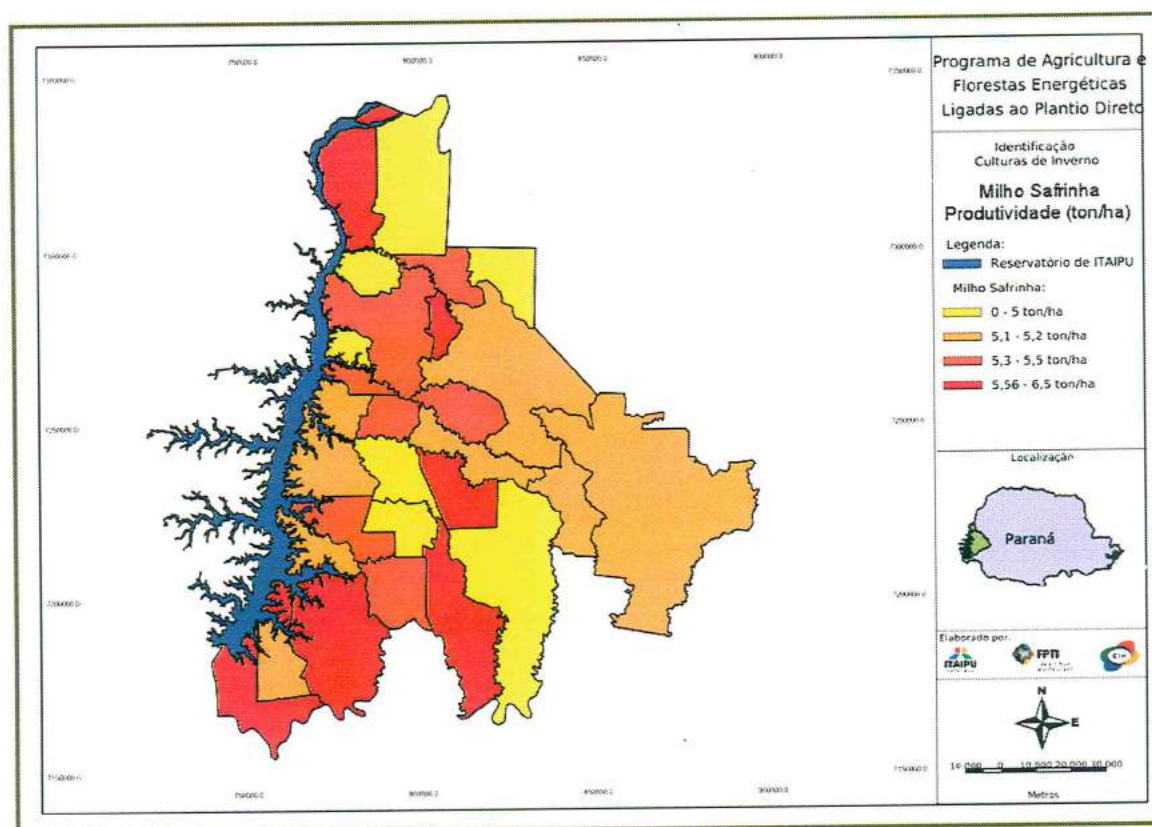


Figura 34 - Mapa de Produtividade da Cultura Energética de Milho Safrinha.
Fonte: Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) (2012).

2.4.3 Produtividade da Cultura Energética de Trigo

O trigo foi a segunda cultura com maior área de plantio na Bacia Hidrográfica do Paraná 3, apresentando um total de 94.850 hectares, destacando o município de Toledo com a maior área plantada, o que corresponde a 20.000 hectares. Na Safra de Inverno de 2011, a produção desta cultura apresentou 269.850,9, sendo os municípios de Toledo e de Cascavel, os que mais produziram esse tipo de cultura. A

Figura 35 apresenta a produtividade da cultura do trigo na Bacia Hidrográfica do Paraná 3.

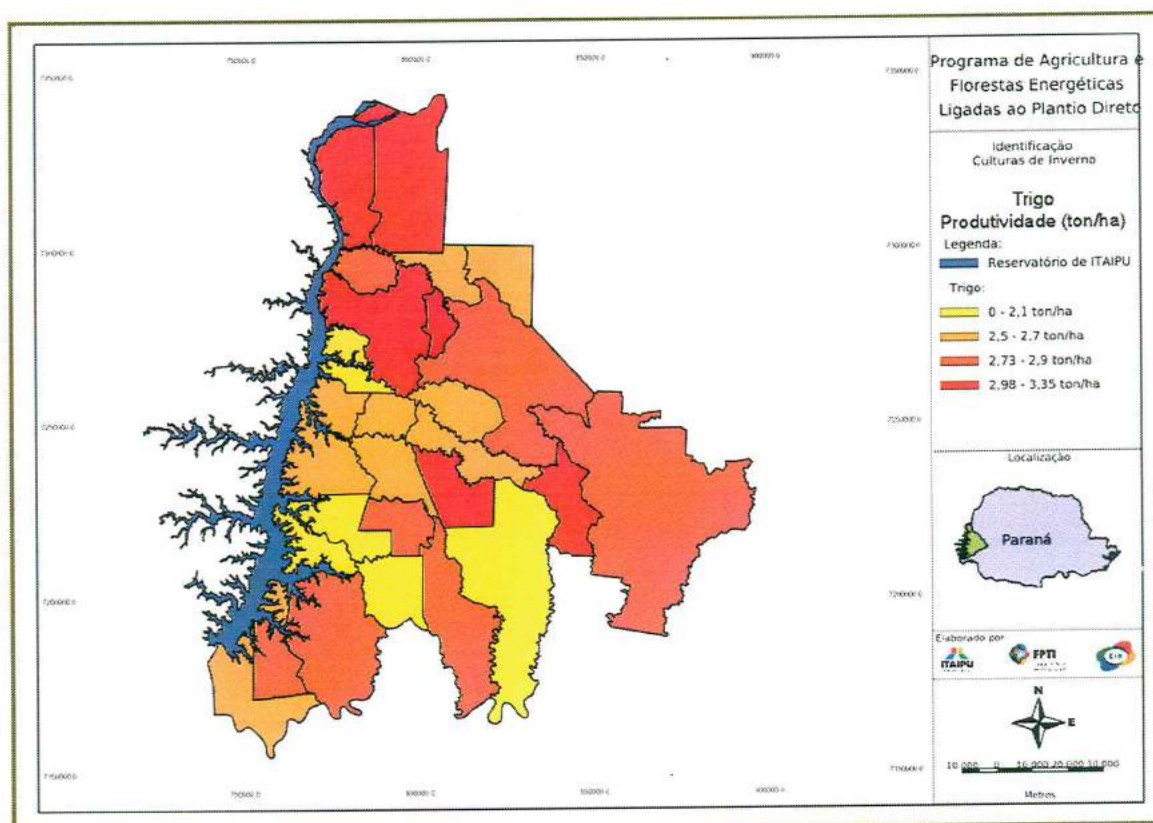


Figura 35 - Mapa de Produtividade da Cultura Energética de Trigo.
Fonte: Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) (2012).

2.5 Aplicar a Base de Cálculos Para a Produção de Biogás

A Base de Cálculos originou-se das informações de referências das culturas energéticas, junto ao banco de dados da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB) e do Departamento de Economia Rural (DERAL), bem como das análises realizadas em laboratório, quanto a incorporação do efluente de suinocultura com as amostras de substratos de silagens de culturas energéticas, visando estimar o potencial energético para cada cultura na Bacia Hidrográfica do Paraná 3.

Por meio destes parâmetros, tornou-se possível obter valores médios do potencial de produção de biogás, para gerar indicadores equivalentes à produção de energia térmica (lenha) e energia elétrica, conforme demonstra a Figura 36.

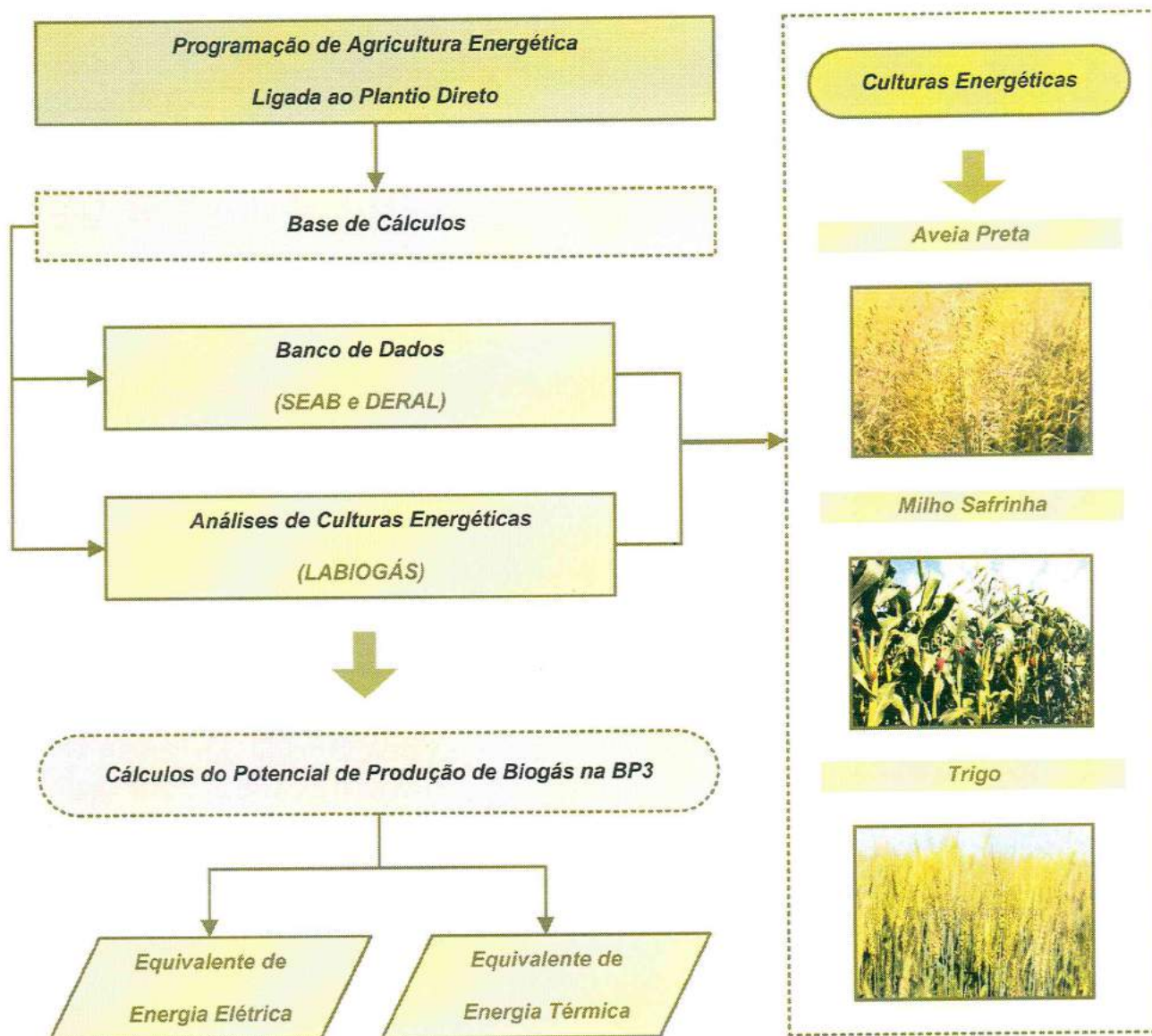


Figura 36 - Base de Cálculos Para o Potencial de Produção de Biogás.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da implantação da metodologia desenvolvida no Projeto Agricultura Energética Ligada ao Plantio Direto basearam-se em procedimentos laboratoriais para determinar a cultura agrícola com maior potencial energético, assim como, na base de cálculos com fatores de conversão para estimar este potencial por cultura energética na Bacia Hidrográfica do Paraná 3.

3.1 Ensaio do Laboratório de Biogás

Os ensaios laboratoriais tiveram o objetivo de avaliar o potencial de produção de biogás das silagens de culturas energéticas com dejetos suínos.

Os principais parâmetros analisados pelo Laboratório de Biogás foram Matéria Seca (MS), Sólidos Voláteis (SV), produção de biogás (L_N Biogás kg^{-1} SV) e produção de metano (L_N Metano kg^{-1} SV).

Os dados de referência utilizados para os resultados encontrados foram baseados no banco de dados da *Basic Version of the Online European Feedstock Atlas*, conforme apresenta a Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados dos Ensaio Laboratoriais das Amostras.

Amostras	Matéria Seca (MS)	Referência de Matéria Seca*	Sólidos Voláteis (SV)**	Referência de Sólidos Voláteis	Relação Entre MS e SV	Produção de Biogás L _N Biogás.kg ⁻¹ .sv	Referência de Produção de Biogás L _N Biogás.kg ⁻¹ .sv	Produção de Metano L _N CH ₄ .kg ⁻¹ .sv	Referência de Produção de Metano L _N CH ₄ .kg ⁻¹ .sv
Dejeito Suíno	3,85%	14,70%	65,22%	84,90%	2,51%	456,51	817,00	351,43	453,00
Silagem de Aveia	35,53%	29,80%	92,51%	92,60%	32,87%	417,67	582,00	310,13	326,00
Silagem de Braquiária	26,71%	36,00%	89,18%	88,30%	23,82%	369,31	572,00	254,26	318,00
Silagem de Milho	46,03%	28,30%	90,82%	95,00%	41,80%	438,11	560,00	312,13	277,00
Silagem de Trigo	54,17%	39,60%	91,75%	92,30%	49,70%	473,35	532,00	308,24	298,00

Fonte: Laboratório de Biogás (2012) e Basic Version of the Online European Feedstock Atlas (2012).

Nota: *Matéria Seca de Referência: Basic Version of the Online European Feedstock Atlas (2012) | ** Base Seca.

3.1.1 Resultados dos Ensaio Laboratoriais das Amostras

Os resultados provenientes dos ensaios laboratoriais para amostras a partir dos substratos de silagens de culturas apresentou que a produção de biogás foi maior na silagem de trigo, posteriormente na silagem de milho, silagem de aveia preta e silagem de braquiária, respectivamente em ordem decrescente de produção, conforme demonstra a Figura 37.



Figura 37 - Potencial de Produção de Biogás das Silagens.

O potencial energético do substrato de dejetos suíno situou-se em 456,51 L_N Biogás.kg⁻¹_{SV}, sendo considerado um dos substratos que mais otimiza a produção de biogás nos processos de biodigestão anaeróbia.

A Figura 38 demonstra a produção de biogás dos substratos de dejetos suíno e silagens de culturas energética, durante o período de 38 dias de monitoramento desta produção.

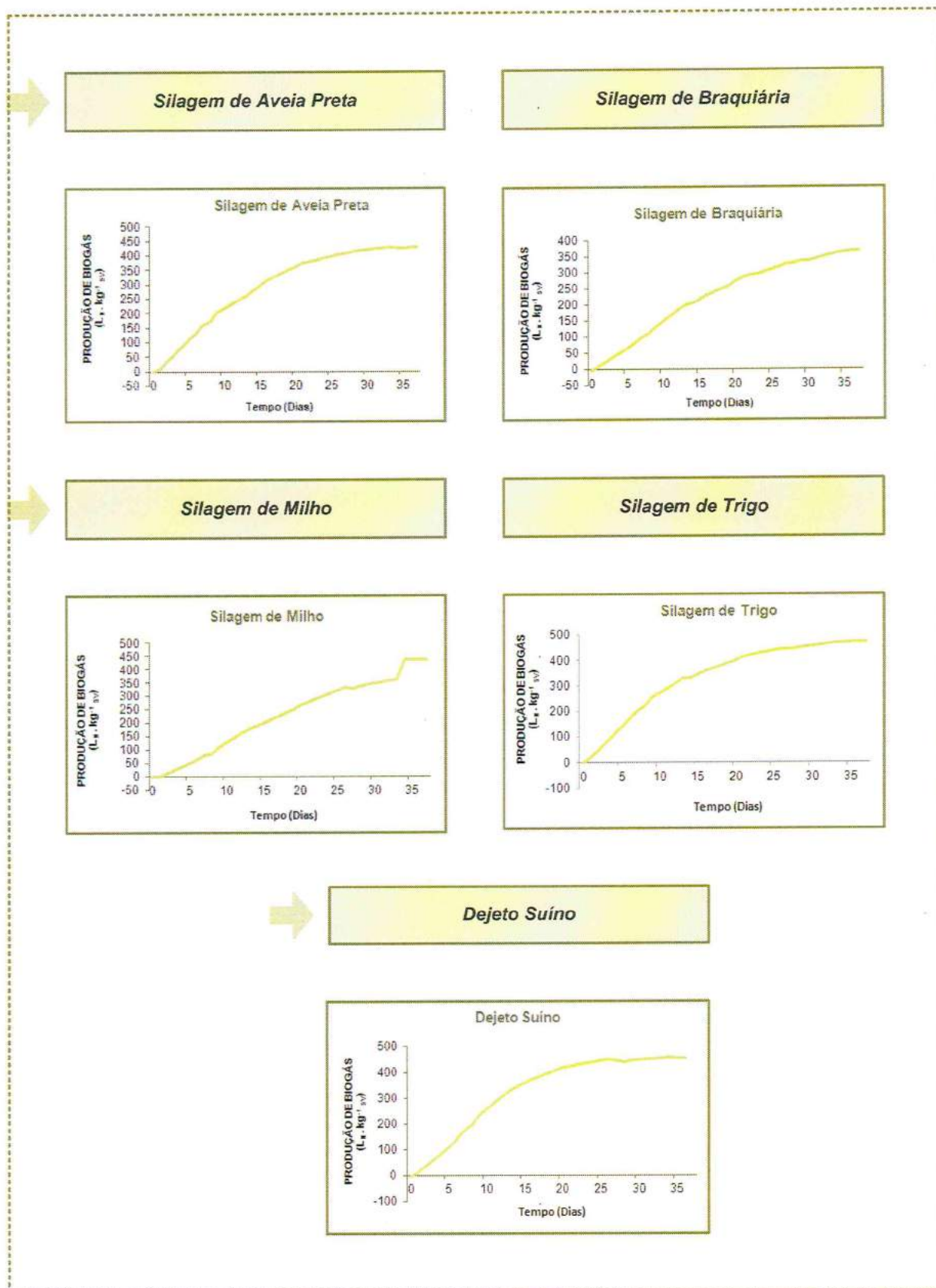


Figura 38 - Gráficos do Potencial de Produção de Biogás das Amostras.

A qualidade do biogás produzido pelos substratos das silagens de culturas energéticas foi verificada pela produção de metano. Assim sendo, a produção de metano foi maior para a silagem de aveia preta, seguida da silagem de milho, silagem trigo e silagem de braquiária, como demonstra a Figura 39.

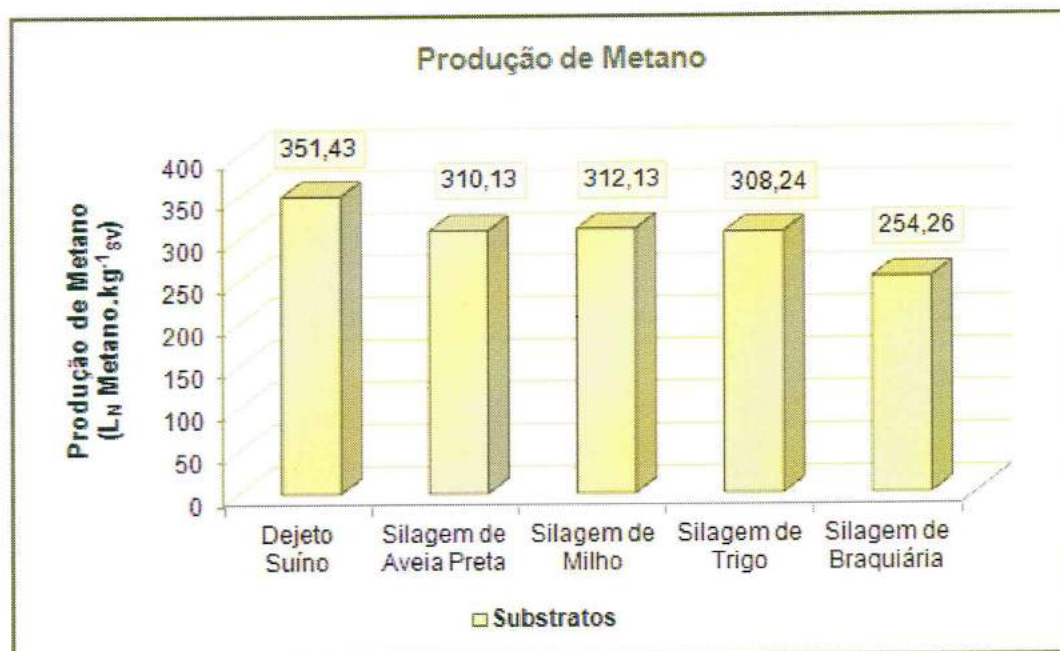


Figura 39 - Gráfico da Produção de Metano das Amostras Puras.

Para justificar estes resultados, foram levantadas as seguintes hipóteses:

a) Época de Plantio e Condições Climáticas: As culturas foram plantadas na primeira quinzena do mês de abril, tendo seu desenvolvimento durante os meses de maio, junho, julho e agosto de 2011, época considerada menos favorável para as culturas de milho e braquiária, visto que estas apresentam seu maior e melhor desenvolvimento durante os meses mais quentes do ano (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro). Para as culturas de trigo e aveia preta, a época é considerada favorável, visto que estes são classificados como cereais de inverno, ou seja, apresentam seu maior potencial nas épocas mais frias do ano. Considerando estes fatos e somando-se as condições climáticas que podem ter ocorrido durante o período (sol, chuva, temperatura, etc.), podem ter contribuído para um melhor desenvolvimento e acúmulo de nutrientes da cultura de trigo, justificando em partes o seu maior valor de potencial de produção de biogás em relação ao milho, como determinado em laboratório.

b) Processo de Ensilagem: A ensilagem nada mais é do que um processo para conservação de alimentos, baseado na redução do pH (aumento da acidez) pela ação microbiana e na eliminação do oxigênio do meio, com o objetivo de conservar ao máximo o valor nutritivo original das forragens. O processo de ensilagem pode ser dividido em quatro fases, sendo que, se estas fases não forem bem realizadas, certamente haverá perdas na qualidade nutricional das forragens, sendo esta uma segunda hipótese levantada para justificar o maior resultado de potencial de produção de biogás do trigo em relação ao milho. A seguir serão discutidos as fases do processo de ensilagem e o que pode ter acontecido para influenciar os resultados:

- *Fase 1:* Na fase 1 ocorrem dois tipos de atividade, respiração, que transformará açúcares em água, gás carbônico e calor, com conseqüente perda de valor nutritivo da forragem e modificações estruturais, como por exemplo a transformação de polissacarídeos solúveis em glicose e frutose. Para a otimização desta fase e redução das perdas de nutrientes, o que se pode fazer é realizá-la da maneira mais rápida possível, e com boa compactação, sendo também importante o tamanho das partículas que deve ter de 0,5 - 2,0 centímetros.
- *Fase 2:* Na fase 2 há o desaparecimento do oxigênio do silo e vários tipos de microrganismos ativos, como os clostrídios, coliformes e bactérias lácticas. Essa fase termina quando o pH da silagem atinge o valor de 4,5. A partir deste momento os coliformes fecais e clostrídios não mais se desenvolverão, e as únicas bactérias a se desenvolver serão as lácticas. Para a otimização desta fase, ou seja, perder menos nutrientes e obter uma silagem melhor, o que precisa ocorrer é uma redução rápida do pH de 6,0 para 4,5 ou inferior, e para que isso aconteça deve-se atentar para a limpeza do processo e a possibilidade de usar inoculantes para favorecer as bactérias lácticas.
- *Fase 3:* Esta fase inicia-se quando se atinge o pH de estabilização, ou seja pH menor que 4,5. Nesta fase há somente atividade das bactérias lácticas. Para otimizar esta fase, pode-se usar inoculante específico que contenha bactérias lácticas homofermentativas, que irão produzir somente ácido láctico.

- *Fase 4:* Esta fase inicia-se com a abertura do silo para utilização. Ela caracteriza-se por ser uma fase em que a parte frontal do silo entra em contato com o ar, ou seja, torna-se possível o desenvolvimento de fungos, leveduras e mofos. Estes organismos estão presentes na própria forragem, o único motivo para eles não se desenvolverem é porque não havia oxigênio no meio. Para otimizar esta fase deve-se compactar o silo para expulsar o máximo de ar possível, retirar uma fatia mínima de 20 centímetros por dia, e retirar a silagem de maneira mais próxima do ideal, que seria se pudesse ser cortado uma fatia perfeita da frente do silo.

Destacadas as fases do processo de ensilagem e o que acontece em cada fase, pode-se concluir que houve falhas no processo de confecção do silo tipo superfície, a compactação não foi a ideal, não atentou-se para a limpeza do local, não houve o uso de inoculantes, houve infiltração de água, a lona para cobertura rasgou e foi ensilada uma cultura sobre a outra, resultando em dois silos tipo superfície. Na abertura do silo constatou-se que a silagem de aveia preta havia mofado, sendo que este material estava disposto sobre a silagem de milho. Levanta-se a hipótese de que a silagem de aveia preta pode ter interferido também na qualidade da silagem de milho. Observou-se que a silagem com melhor qualidade foi a de trigo, fato este que pode justificar o resultado laboratorial para maior potencial de produção de biogás, diferente do que teoricamente deveria ocorrer.

Com estes resultados, chega-se a conclusão que, o processo de ensilagem bem realizado, influencia diretamente o potencial de geração de biogás pelas culturas e conseqüentemente também o potencial de produção de metano.

3.2 Potencial de Produção de Biogás na BP3

O potencial de produção de biogás na Bacia Hidrográfica do Paraná 3 foi referente ao potencial energético das culturas de aveia preta, milho safrinha e trigo, com exceção da braquiária, devido a falta de dados quanto a sua produtividade na BP3.

A Base de Cálculos originou-se das informações de referência sobre a produtividade das culturas energéticas, perante ao banco de dados da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB) e do Departamento de Economia

Rural (DERAL), com base no ano de 2011, além dos dados de produção de biogás encontrados pelo Labiogás, quanto ao potencial energético das silagens misturadas com dejetos suíno.

A Tabela 10 apresenta os fatores de conversão utilizados, para elaborar a base de cálculos de produção de biogás.

Tabela 10 - Fatores de Conversão da Base de Cálculos de Produção de Biogás.

Fatores de Conversão			
	Unidade	Equivale	
Lenha	1 m ³ Lenha	500	kg
	1 kg Lenha	2.800	kcal
	1 ton Lenha	R\$ 100,00	R\$
Biogás	1 m ³ Biogás (60% CH ₄)	5.200	kcal
	1 m ³ Biogás (60% CH ₄)	0,002	ton
	1 m ³ Biogás (60% CH ₄)	1,25	kWh
Energia Elétrica	1 kWh (Custo em reais)	0,23	R\$

Nota: Energia Elétrica: Média ponta / fora ponta = mp / fp com secador.

A Tabela 11 apresenta a produção de biogás conforme as amostras das silagens de culturas com dejetos suíno, obtidas no Labiogás.

Tabela 11 - Produção de Biogás das Silagens Com Dejetos Suíno.

Culturas Energéticas	Produção de Biogás: Silagens de Culturas Com Dejetos Suíno		
	L _N Biogás.kg ⁻¹ sv	Equivalente m ³ kg ⁻¹	Equivalente m ³ ton ⁻¹
Silagem de Aveia Preta	417	0, 417	417
Silagem de Braquiária	369	0, 369	369
Silagem de Milho	438	0, 438	438
Silagem de Trigo	473	0, 473	473

Por meio deste levantamento, tornou-se possível estimar o potencial energético para cada município da Bacia do Paraná 3, obtendo-se valores médios da produção de biogás e o seu equivalente em produção de energia elétrica e térmica (lenha), assim como, os custos destas fontes de energia, considerada como um adicional na geração de renda familiar.

A Tabela 12 demonstra os valores médios do potencial energético de silagens com efluente de suinocultura na Bacia do Paraná 3 e a seguir são apresentados os mapas para demonstrar esta estimativa de produção.

Tabela 12 - Valores Médios do Potencial Energético das Culturas na BP3.

Culturas Energéticas	Produção Biogás	Equivalente Energia Térmica		Equivalente Energia Elétrica	
	Biogás (m ³)	Lenha (ton)	Lenha Custo (R\$)	kWh	Custo (R\$) kWh
Silagem de Aveia	9.062.604	18.125	R\$ 1.812.520,73	11.328.255	R\$ 2.605.498,55
Silagem de Milho	740.054.185	1.480.108	R\$ 148.010.837,06	925.067.732	R\$ 212.765.578,27
Silagem de Trigo	127.733.924	255.468	R\$ 25.546.784,70	159.667.404	R\$ 36.723.503,01

3.2.1 Mapa do Potencial Energético da Silagem de Aveia Preta na BP3

A Figura 40 demonstra o mapa do potencial energético da silagem de aveia preta na Bacia Hidrográfica do Paraná 3.

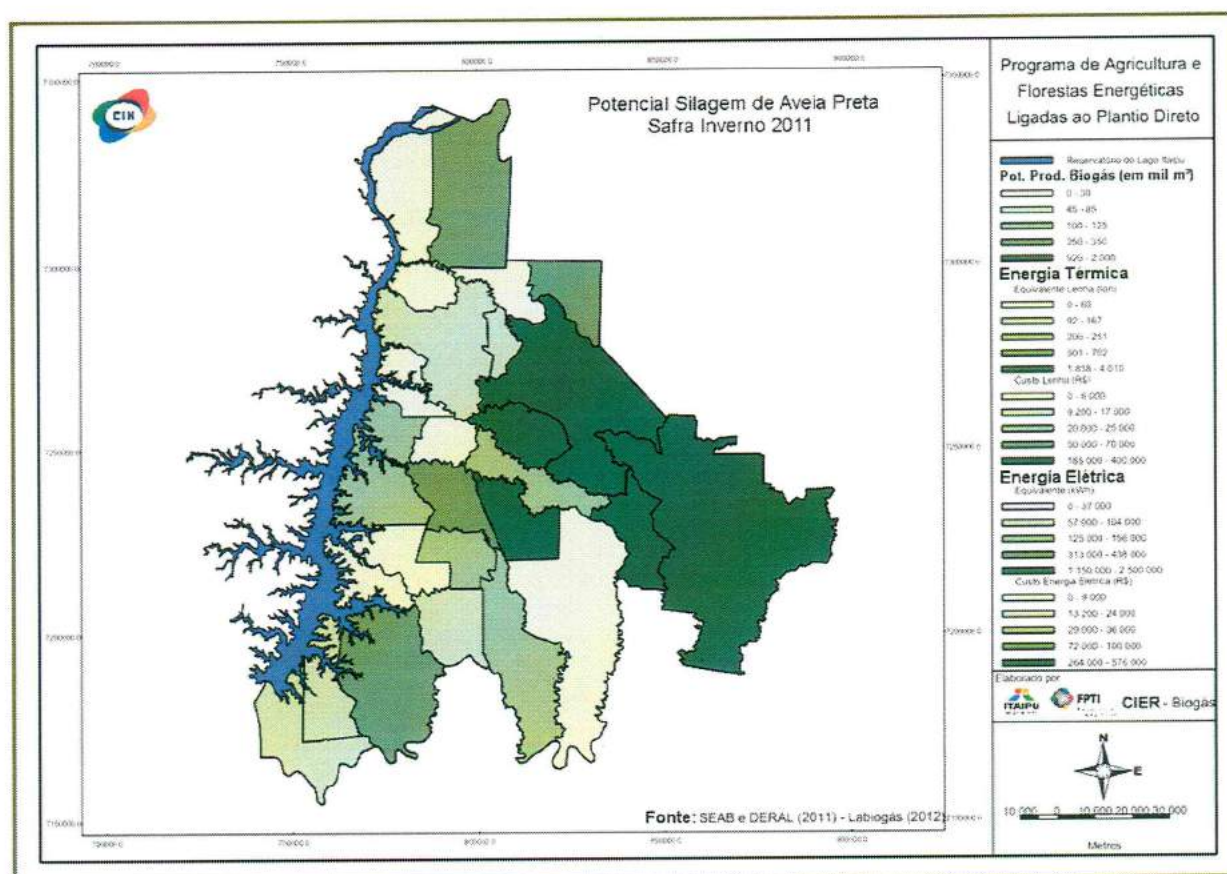


Figura 40 - Mapa do Potencial Energético da Silagem de Aveia Preta na BP3.
Fonte: Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) (2012).

Conforme o mapa, a estimativa do potencial energético da aveia preta em toda Bacia Hidrográfica do Paraná 3, corresponde aproximadamente a produção de 9 milhões m³ de biogás, o que equivale a 18 mil toneladas de lenha e 11 milhões kWh de energia elétrica.

3.2.2 Mapa do Potencial Energético da Silagem de Milho na BP3

O potencial energético do milho safrinha na BP3, corresponde a produção de mais de 740 milhões m³ de biogás, o que equivale a 1 milhões toneladas de lenha e mais de 925 milhões kWh de energia elétrica (Figura 41).

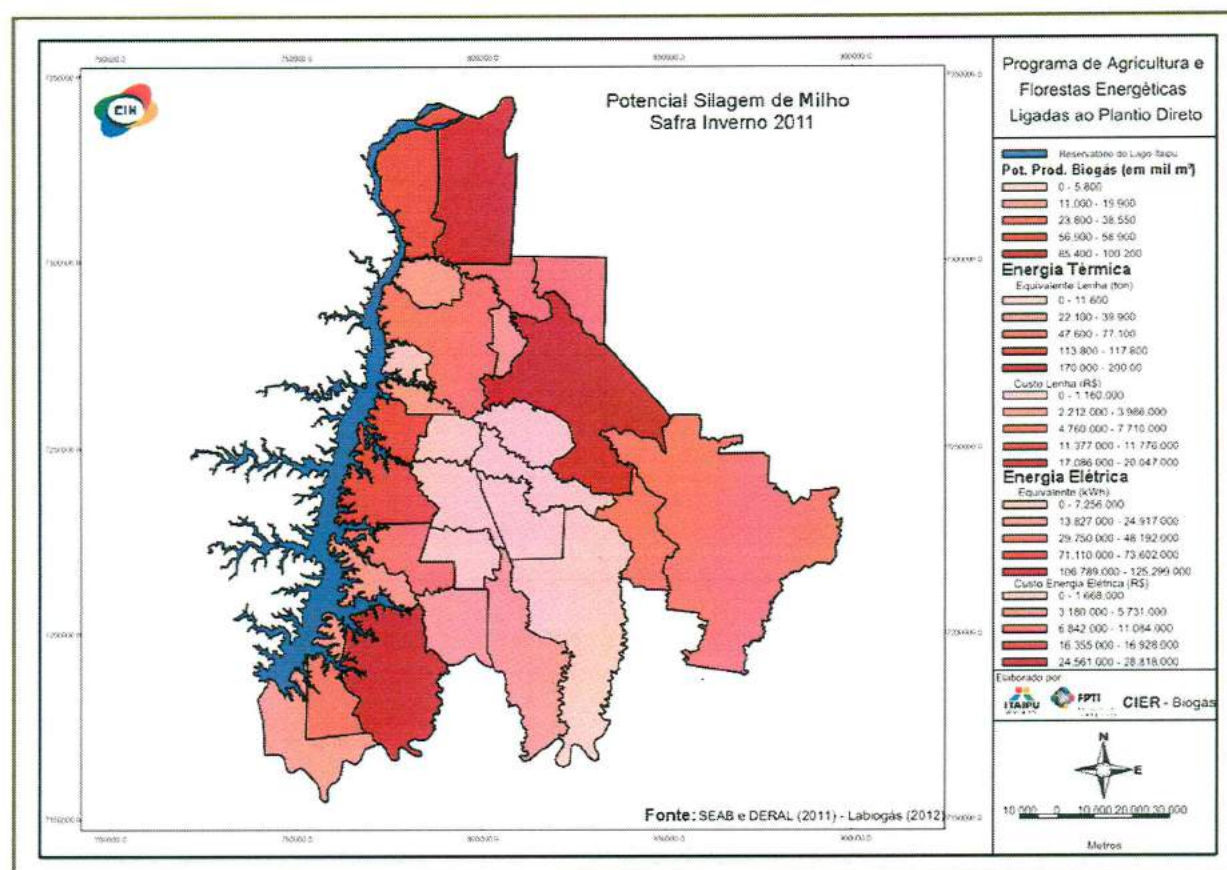


Figura 41 - Mapa do Potencial Energético da Silagem de Milho Safrinha na BP3.
Fonte: Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) (2012).

3.2.3 Mapa do Potencial Energético da Silagem de Trigo na BP3

A estimativa do potencial energético do trigo na BP3 corresponde à produção de mais de 127 milhões m³ de biogás, o que representa aproximadamente 255 mil toneladas de lenha e 159 milhões kWh de energia elétrica, como mostra a Figura 42.

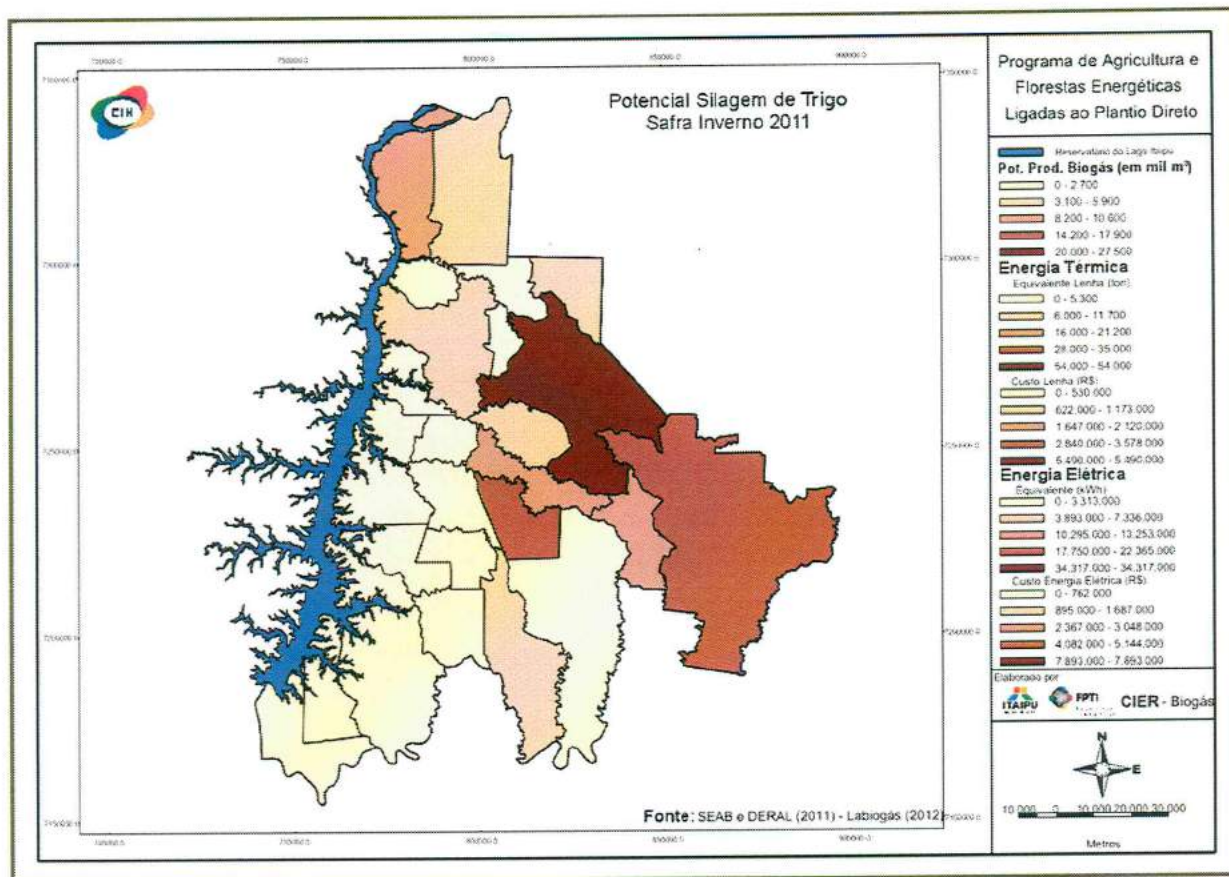


Figura 42 - Mapa do Potencial Energético da Silagem de Trigo na BP3.
Fonte: Centro Internacional de Hidroinformática (CIH) (2012).

4 CONCLUSÃO

Considera-se que a finalidade deste trabalho foi atingida, pois foi possível desenvolver e estabelecer critérios e padrões de referência para incrementar a produção de biogás, a partir do processo de cofermentação, visando à mistura de substratos de silagens de culturas energéticas com biomassa de suinocultura.

Os procedimentos metodológicos adotados no projeto foram relacionados no âmbito de pesquisa, área experimental e ensaios laboratoriais, possibilitando determinar dentre as silagens de culturas, a que obteve maior potencial energético.

Portanto, este estudo visa difundir o conhecimento e a experiência adquirida no desenvolvimento do Projeto de Agricultura Energética Ligada ao Plantio Direto, além de possibilitar o seu uso como índice reprodutível em processos similares, que tenham a finalidade de otimizar os sistemas quanto à produção de biogás, com base no parâmetro energia/hectare ao ano.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, P. B. **Plantas Forrageiras: Gramíneas & Leguminosas**. São Paulo: Nobel, 1980. 150 p.

_____. Origem das Braquiárias e Suas Características Morfológicas de Interesse Forrageiro. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *BRACHIARIA*, 1986, Nova Odessa, SP. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 1-18.

ALTIERI, M. A.; PONTI, L.; NICHOLLS, C. I. **Controle Biológico de Pragas Através do Manejo de Agroecossistemas**. Brasília: MDA, 2007. Disponível em: <<http://petcienciasrurais.wordpress.com/2013/03/25/control-biologico-de-pragas-atraves-de-manejo-de-agroecossistemas/>>. Acesso em: 15 Jul. 2012.

ALMEIDA, R. A. Introdução do Sistema de Plantio Direto em Pequenas Propriedades do Estado de Goiás. **Revista da UFG**, v. 7, n. 1, 2004. Disponível em: <http://www.proec.ufg.br/revista_ufg/agro/A08_plantio.html>. Acesso em: 10 Jul. 2012.

AMARAL, R. C.; BERNARDES T. F. **Silagem Pré-Secada Armazenada em Silos-Fardos Revestidos Por Filme Plástico**. 2007. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/conservacao-de-forragens/silagem-presecada-armazenada-e-silosfardos-revestidos-por-filme-plastico-36179n.aspx>>. Acesso em: 30 Jul. 2012.

_____. **Silo Bag: Uma Interessante Alternativa no Armazenamento da Silagem**. 2009. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/conservacao-de-forragens/silo-bag-uma-interessante-alternativa-no-armazenamento-da-silagem-57144/>>. Acesso em: 30 Jul. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA - ABIPECS. **Anuário 2008 da Suinocultura Industrial**. 166 ed., n. 1, Ano 30. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/>>. Acesso em: 27 Mar. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Biomassa**. Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2009. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf)>. Acesso em: 14 Mar. 2012.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo, Mano Le, 1987. 307 p.

BALL, D. M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. **Southern Forages**. 3. ed. Norcross: Potash & Phosphate Institute, 2002. 322 p.

Basic Version of the Online European Feedstock Atlas. **Eu-Agrobiogas**. 2012.

BLEY JÚNIOR., C. J.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. **Agroenergia da Biomassa Residual: Perspectivas Energéticas, Socioeconômicas e Ambientais**. 2. ed. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas Para Agricultura e Alimentação, TechnoPolitik, 2009.

BIODIESELBR. **Matriz da Produção de Agroenergia**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/energia/agroenergia/matriz-producao-agro-energia.htm>>. Acesso em: 20 Fev. 2012.

BIOSOLAR. **Da Agropecuária Para a Cogeração de Energia**. 2012. Disponível em: <http://www.biosolar.com.br/Da_Agropecuaria_para_a_Cogeracao_de_Energia.html>. Acesso em: 30 Mai. 2012.

BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P.; DENARDIN, J. E.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Carbon Accumulation at Depth in Ferralsols Under Zero-till Subtropical Agriculture. **Global Change Biology**, Illinois, v. 16, p. 784-795, 2010.

BRUGNAGO NETO, S. **Estudo de Economia e Mercado de Produtos Agrícolas**, 4 - Milho. Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 1996. 72 p.

CALEGARI, A. Plantas de Cobertura. In: CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema Plantio Direto Com Qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006. 212 p.

CARDOSO, E. G.; SILVA, J. M. **Silos, Silagem e Ensilagem**. Campo Grande, MS: EMBRAPA, n. 2, 14 fev. 1995. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD02.html>>. Acesso em: 25 Fev. 2012.

CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Sistema Plantio Direto: Evolução e Implicações Sobre Conservação do Solo e da Água. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. (OrgS.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 5, p.333-369.

CARVALHO, D. F.; CRUZ, E. S.; SILVA, W. A.; SOUZA, W. J.; SOBRINHO, T. A. Demanda Hídrica do Milho de Cultivo de Inverno no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 112-118, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n1/v10n1a17.pdf>>. Acesso em: 10 Jul. 2012.

CENTRO INTERNACIONAL DE HIDROINFORMÁTICA - CIH. **Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Paraná 3**. Foz do Iguaçu: Parque Tecnológico Itaipu, 2012.

_____. **Mapa de Localização da Unidade Tecnológica Lar**. Foz do Iguaçu: Parque Tecnológico Itaipu, 2012.

_____. **Mapa de Produtividade da Cultura Energética de Aveia Preta**. Foz do Iguaçu: Parque Tecnológico Itaipu, 2012.

_____. **Mapa de Produtividade da Cultura Energética de Milho Safrinha**. Foz do Iguaçu: Parque Tecnológico Itaipu, 2012.

_____. **Mapa de Produtividade da Cultura Energética de Trigo**. Foz do Iguaçu: Parque Tecnológico Itaipu, 2012.

_____. **Mapa do Potencial Energético da Silagem de Aveia Preta na BP3**. Foz do Iguaçu: Parque Tecnológico Itaipu, 2012.

_____. **Mapa do Potencial Energético da Silagem de Milho Safrinha na BP3**. Foz do Iguaçu: Parque Tecnológico Itaipu, 2012.

_____. **Mapa do Potencial Energético da Silagem de Trigo na BP3**. Foz do Iguaçu: Parque Tecnológico Itaipu, 2012.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA - CENBIO. **Estimativa do Potencial de Geração de Energia a Partir do Biogás Proveniente da Criação de Suínos nos Municípios da Região Sul**. 2007. Atlas de Biomassa: Biogás - Suínos,

2007. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/mapasbiomassa/Suinos_Sul.pdf>. Acesso em: 26 Mar. 2012.

CENTRO PARA CONSERVAÇÃO E ENERGIA - CCE. **Guia Técnico de Biogás**. Amadora: Portugal, 2000.

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. **Viabilidade Econômica da Utilização do Biogás Produzido em Granja Suinícola Para Geração de Energia Elétrica**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831 - 844, set./out. 2010.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1997. 245 p.

_____. **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. Programa em Saneamento Básico (PROSAB). FINEP, 2001. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab/livros/aspectos_metodologicos/indice.pdf>. Acesso em: 02 Mai. 2012.

COGO, C. H. **Perspectivas e Tendências Para o Milho na Região Sul e no Brasil**. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 19, 1992. Porto Alegre. Conferências. Porto Alegre, SAA SCT ABMS, 1992. p. 71-80.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do Uso do Biogás da Bovinocultura e Suinocultura Para Geração de Energia Elétrica e Irrigação em Propriedades Rurais**. 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Indicadores Agropecuários: Quadro de Suprimentos: Oferta e Demanda**. 2010. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/Conabweb/download/indicadores/03_01_oferta_e_demanda_brasileira.pdf>. Acesso em: 30 Mai. 2012.

CONTE, O. **Mobilização, Atributos de Solo e Variabilidade Espacial em Integração Lavoura-Pecuária**. 2011. 152 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa Para Energia**. Campinas: UNICAMP, 2008.

CRISPIM, S. M. A.; BRANCO, O. D. **Aspectos Gerais das Braquiárias e Suas Características na Sub-Região da Nhecolândia, Pantanal, MS**. Corumbá:

Embrapa Pantanal, 2002. 25 p. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP33.pdf>>. Acesso em: 10 Jul. 2012.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; NOVOTNY, E. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HERNANI, L. C. **Cultivo do Milho: Manejo de Solos - Sistema Plantio Direto**. Sistemas de Produção, v. 1, 2 ed. Concórdia: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

DALBERTI, M.; BONETTI, L. P.; TONELLO, A.; POLETTO, O. M.; BROCH, F. **Produção Acumulada de Matéria Seca da Cultivar de Trigo de Duplo Propósito BRS Tarumã em Três Cortes na Região do Alto Jacuí - RS**. In: Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão. Cruz Alta, 2010.

DEL DUCA, L. J.; QUEIROS, E. F. **Cultura do Trigo Para Pastoreio**. In: Seminário Apresentado no Curso de Pós-Graduação da UFRGS, 1978.

DEL DUCA, L. J. A.; MOLIN, R.; SANDINI, I. **Experimentação de Genótipos de Trigo Para Duplo Propósito no Paraná, em 1999**. Passo Fundo-Embrapa Trigo - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 6, 18 p., 2000.

DEL DUCA, L. J. A.; FONTANELI, R. S. Utilização de Cereais de Inverno em Duplo Propósito (Forragem e Grão) no Contexto do Sistema Plantio Direto. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPACNPT, 1995. p. 177-180.

DEMARCHI, J. J. A. **Estruturas Para Armazenamento de Silagens**. 2002. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/conservacao-de-forragens/estruturas-para-armazenamento-de-silagens-parte-12-8187n.aspx>>. Acesso em: 30 Jul. 2012.

DERPSCH, R. **Controle da Erosão no Paraná: Sistemas de Cobertura do Solo, Plantio Direto e Preparo Convencional**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit, 1991. 268 p.

_____. Sistema de Plantio Direto em Resíduos de Adubos Verdes em Pequenas Propriedades no Paraguai - Desenvolvimento e Difusão. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., 1993, Ponta Grossa, PR. **Anais...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993. p.375-386.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Guia de Plantas Para Adubação Verde de Inverno**. Londrina: IAPAR, 1985. 96 p. (IAPAR. Documento 09).

DÖWICH, I. **Sistemas Plantio Direto (SPD)**. Boletim Informativo da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2004.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; MIRANDA, R. A. **Cultivo do Milho: Mercado e Comercialização**. Embrapa Milho e Sorgo, 2011. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_7ed/mercado.htm>. Acesso em: 30 Jun. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistemas de Produção: Informações Técnicas Para Trigo e Triticale - Safra 2012**. 2011. Disponível em: <http://www.cpt.embrapa.br/culturas/trigo/informacoes_tecnicas_trigo_triticale_safr_2012.pdf>. Acesso em: 30 Mai. 2012.

_____. **Culturas: Trigo**. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/cuturas/trigo/indicacoes.htm>>. Acesso em: 05 Ago. 2012.

ENNES, M. W. **O Que é Agroenergia?**. Disponível em: <http://www.e-campo.com.br/Conteudo/Noticias/visNoticias.aspx?ch_top=498>. Acesso em: 20 Fev. 2012.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP. **Evolução da Área Com Plantio Direto no Brasil - Dados Estatísticos**. 2009. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/arquivos/BREvolucaoPD2002a2006.pdf>>. Acesso em: 30 Mai. 2012.

FEIDEN, A. **Bases Conceituais Para Gestão de Biomassa**. Notas de Aula: Curso de Capacitação em Geração de Energia Elétrica com Biogás - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2010.

FERNANDES, D. M. **Biomassa e Biogás da Suinocultura**. 2012. 211 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2012.

FERRARI JÚNIOR, E.; POSSENTI, R. A.; LIMA, M. L. et al. **Características, Composição Química e Qualidade de Silagens de Oito Cultivares de Milho**. Boletim de Indústria Animal, v. 62, n. 1, p. 19-27, 2005.

FERRAZZA, J. M.; MARTIN, T. N. Utilização de Cereais de Inverno na Integração Lavoura-Pecuária. In: MARTIN, T. N.; ZIECH, M. F.; PAVINATO, P. S.; WACLAWOVSKY, A. J.; SKLARSKI, M. M. S. S. **Sistemas de Produção Agropecuária (Ano 2009)**. Dois Vizinhos: UTFPR, 2009. 449 p.

FLOSS, E. L. Manejo Forrageiro de Aveia (*Avena sp.*) e Azevém (*Lolium sp.*). In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9., Piracicaba-SP. **Anais...** FEALQ, 1988. p. 231.

FONTANELI, R. S.; [et al.]. **Brasil Já Tem Suas Cultivares de Trigo de Duplo Propósito**. SEED NEWS, vol. XI, n° 1, 2007.

FONTANELI, R. S. Trigo de Duplo-Propósito na Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, edição 99, mai./jun. 2007. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=799>. Acesso em: 15 Ago. 2012.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; DEL DUCA, L. J.; RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, A.; MINELLA, E.; CAIERÃO, E.; MORI, C.; OLIVEIRA, J. T.; MARIANI, F. Capítulo 5: Potencial de Rendimento de Cereais de Inverno de Duplo Propósito. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **Forrageiras Para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 340 p.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S. Capítulo 7: Silagem de Cereais de Inverno. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **Forrageiras Para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 340 p.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, A.; MINELLA, E.; CAIERÃO, E. Rendimento e Valor Nutritivo de Cereais de Inverno de Duplo Propósito: Forragem Verde e Silagem ou Grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2116-2120, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38n11/a07v3811.pdf>>. Acesso em: 14 Jul. 2012.

GHISI, O. M. A. A. *Brachiaria* na Pecuária Brasileira: Importância e Perspectivas. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, 2., 1991, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1991. 356 p.

HUGGINS, D. R.; REGANOLD, J. P. **No-Till: The Quiet Revolution**. Scientific American, INC, 77, p. 1-8, 2008.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná Com as Temperaturas Mais Frias**. Londrina: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, 2012. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=615>>. Acesso em: 15 Mai. 2012.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Aveia Preta - IAPAR 61 - Ibiporã**. Londrina: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, 2012. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/niapar61.pdf>. Acesso em: 30 Mai. 2012.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. **Cartilha Para Licenciamento Ambiental**. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pecuária 2008**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pr &tema=pecuaria2008>>. Acesso em: 03 Abr. 2012.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **O Uso da Aveia Como Planta Forrageira**. Campo Grande: EMBRAPA/CNP - Gado de Leite, 2000. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD45.html>>. Acesso em: 22 Jun. 2012.

LA FARGE, B. **Le Biogaz - Procèdes de Fermentation Méthanique**. Paris: Masson, 1979.

LORA, E. E. S. **Conceito de Biomassa, Classificação, Disponibilidade e Características**. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA. Tecnologia e Aplicação Racional de Energia Elétrica e de Fontes Renováveis na Agricultura, 1997, Campina Grande, Anais... Campina Grande, 1997. 97 p.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no Ecosistema Cerrados: Pesquisas Para o Desenvolvimento Sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 1995. Brasília, DF. Pesquisas Para o Desenvolvimento Sustentável: **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p. 28-62.

MACHADO, L. A. Z. **Aveia: Forragem e Cobertura do Solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. 17p. Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/publicacoes/online/zip/COL20003.pdf>>. Acesso em: 22 Jun. 2012.

MARTIN, T. N.; ZIECH, M. F.; PAVINATO, P. S.; WACLAWOVSKY, A. J.; SKLARSKI, M. M. S. S. **Sistemas de Produção Agropecuária (Ano 2009)**. Dois Vizinhos: UTFPR, 2009.

MARTINS, C. E.; OLIVEIRA, J. S.; CÓSER, A. C. **Conservação de Forrageiras e Pastagens**. Juiz de Fora: EMBRAPA - Gado de Leite, 2012. Disponível em: <htt

p://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/ConservaoFORAGEMSilagemID-akxhLNp9B .pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2012.

MAURÍLIO, J. A. **Aveia e Azevém: Forrageiras Alternativas Para o Período da Seca**. Coronel Pacheco: EMBRAPA/CNP - Gado de Leite, 2006.

MCKENDRY, P. **Energy Production From Biomass (Part 2): Conversion Technologies**. Bioresource Technology 83. Elsevier Science. p. 47- 54. 2002.

MEINERZ, G. R. **Avaliação de Cereais de Inverno de Duplo Propósito na Depressão Central do Rio Grande do Sul**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

MEINERZ, G. R.; OLIVO, C. J.; VIÉGAS, J.; NÖRNBERG, J. L.; AGNOLIN, C. A.; SCHEIBLER, R. B.; HORST, T.; FONTANELI, R. S. Silagem de Cereais de Inverno Submetidos ao Manejo de Duplo Propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2097-2104, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n10/v40n10a05.pdf>>. Acesso em: 15 Ago. 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Trigo**. 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/trigo>>. Acesso em: 17 Ago. 2012.

_____. **Milho**. 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 25 Jul. 2012.

MIZUBUTI, I. Y.; KHATOUNIAN, C. A.; RIBEIRO, E. L. A.; ROCHA, M. A.; SILVA, L. D. F.; FILHO, J. M.; PINTO, A. P.; FERNANDES, W. C. Consumo Médio e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes do Feno de Aveia (*Avena sativa L.*) e Ervilha (*Pisum sativum L.*) em Ovinos Submetidos a Dois Regimes Alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 1042-1049, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n2s0/21295.pdf>>. Acesso em: 16 Ago. 2012.

MORAES, A.; LUSTOSA, S. B. C. Forrageiras de Inverno Como Alternativas na Alimentação Animal em Períodos Críticos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 147-166.

MUZILLI, O. Capítulo 2: Manejo do Solo em Sistema Plantio Direto. In: CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema Plantio Direto Com Qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006. 212 p.

NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. **Silagens: Pontos Críticos e Oportunidades**. Brasília: Embrapa Cerrados; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004. 10 p.

ORTOLAN, F. **Genótipos de Trigo do Paraná - Safra 2004: Caracterização e Fatores Relacionados à Alteração da Cor de Farinha**. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2006.

PAZIANI, S. F. Produção de Milho e Sorgo Para Silagem no Estado de São Paulo. **Apta Regional: Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 77, p. 1-4, 2011. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/index.php/component/docman/doc_view/1126-producao-de-milho-e-sorgo-para-silagem-no-estado-de-sao-paulo?Itemid=284>. Acesso em: 02 Ago. 2012.

PEREIRA, J. R.; CAMPOS, A. T. **Controle da Braquiária Como Invasora**. Juiz de Fora: Embrapa - Gado de Leite, 2000. Disponível em: <<http://www.cileite.com.br/sites/default/files/26Instrucao.pdf>>. Acesso em: 07 Jul. 2012.

PHILLIPS, W. A.; RAO, S. C.; DALRYMPLE, R. L. et al. Annual Cool-Season Grasses. In: MOSER L. E.; BUXTON, D. R.; CASLER, M. D. (Eds.). **Cool-Season Forage Grasses**. Madison: ASA, CSSA, and SSSA, 1996. p. 781-802.

PINTO, A. P.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A. Avaliação da Silagem de Bagaço de Laranja e Silagem de Milho em Diferentes Períodos de Armazenamento. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 29, n. 4, p. 371-377, 2007.

PLATAFORMA ITAIPU DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Agroenergia: A Revolução Que Começa no Campo**. Disponível em: <<http://www.platafo.rmaitaipu.org/plataforma/agroenergia>>. Acesso em: 20 Fev. 2012.

PROJETO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA - PGD. **Relatório Técnico Parcial I: Revisão Bibliográfica: Geração de Biomassa - Unidade Granja Colombari (UGC)**. Foz do Iguaçu: FINEP - ITAI, 2009.

_____. **Relatório Técnico Parcial I: Geração Distribuída de Energia Elétrica a Biogás Com Saneamento Ambiental**. Foz do Iguaçu: FINEP - ITAI, 2011.

REBUFFO, M. **Estratégias y Métodos de Mejoramiento Para Maximizar La Eficiencia em El Uso de Avena Para Foraje y Doble Propósito**. In: Reunión da

Comissão Brasileira de Pesquisa e Aveia, 21., 2001. Lages. Resultados. p. 28-29. Lages: UDESC, 2001.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; COAN, O.; VILLACA, M. Produção e Qualidade da Forragem de Aveia (*Avena spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n. 1, p. 99-109, 1993.

ROESLER, M. R. V. B.; CESCNETO, E. A. **A Produção de Suínos e as Propostas de Gestão de Ativos Ambientais: O Caso da Região de Toledo - Paraná**. 2004. Disponível em: <<http://www.unieoste.com.br>>. Acesso em: 03 Abr. 2011.

RUEDELL, J. A. A Soja Numa Agricultura Sustentável. In: SILVA, M. T. B. **A Soja em Rotação de Culturas no Plantio Direto**. Capítulo 1, p. 1-34. Cruz Alta: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1998.

SÁ, J. P. G. Integração Lavoura / Pecuária. In: CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema Plantio Direto Com Qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006. 212 p.

SALTON, J. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z. Integração Lavoura-Pecuária no Sistema Plantio Direto. In: III SIMCORTE - SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2002. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 89-98.

SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do Milho: Clima e Solo**. Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fontesht/ml/milho/cultivodomilho_2ed/climaesolo.htm>. Acesso em: 05 Jul. 2012.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; BAIER, A. C. et al. **Principais Forrageiras Para Integração Lavoura-Pecuária, Sob Plantio Direto, nas Regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002, 142 p.

SCHEEREN, P. L. **Instruções Para Utilização de Trigo e Triticale**. Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 19 p., 1984. (CNPT, doc. 09).

SCHEFFER-BASSO, S. M.; AGRANIONIK, H.; FONTANELI, R. S. Acúmulo de Biomassa e Composição Bromatológica de Milhetos das Cultivares Comum e Africano. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 4, p. 483-486, 2004.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ (SEAB) e DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL (DERAL). **Safra de Inverno de 2011 na Bacia Hidrográfica do Paraná 3**. 2011.

SILVA, E. P. **Fontes Renováveis de Energia: Geração de Energia Para Um Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Campinas, 1996.

SILVA, J. M. **Silagem**. Campo Grande: Embrapa Gado de Leite, 2001. Disponível em: <<http://criareplantar.com.br/pecuaria/lerTexto.php?categoria=19&id=91>>. Acesso em: 20 Jul. 2012.

SILVEIRA, P. M.; SILVA, O. F.; STONE, L. F.; SILVA, J. G. Efeitos do Preparo do Solo, Plantio Direto e de Rotações de Culturas Sobre o Rendimento e a Economicidade de Feijoeiro Irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2001000200007>. Acesso em: 19 Ago. 2012.

SOARES FILHO, C. V. Recomendações de Espécies e Variedades de *Brachiaria* Para Diferentes Condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 25-48.

SOBREIRA, G. **Terrastock: Aveia Preta**. 2007. Disponível em: <<http://www.terrastock.com.br/default.asp?i=br&p=detalhes&cod=b7950>>. Acesso em: 10 Ago. 2012.

_____. **Terrastock: Trigo - Triticum aestivum**. 2009. Disponível em: <<http://www.terrastock.com.br/default.asp?i=br&p=detalhes&cod=c2026>>. Acesso em: 10 Ago. 2012.

_____. **Terrastock: Milharal**. 2010. Disponível em: <<http://www.terrastock.com.br/default.asp?i=br&p=detalhes&cod=c2454>>. Acesso em: 10 Ago. 2012.

_____. **Terrastock: Capim-ruziziensis - Brachiaria ruziziensis**. 2012. Disponível em: <<http://www.terrastock.com.br/default.asp?i=br&p=detalhes&cod=d1540>>. Acesso em: 10 Ago. 2012.

SPEECE, R. E. **Anaerobic Biotechnology For Industrial Wastewaters**. Vanderbilt University. Archae Pr. Tennessee, 1996.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento Anaeróbico de Esgotos - Um Manual Para Regiões de Clima Quente**. Editora Epgraf, 1994. p. 208.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology Of The Ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

VDI 4630, 2006. **Fermentation of Organic Materials. Characterisation of the Substrates, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Tests**. VDI-Handbuch Energietechnik.

VILELA, H. Série Gramíneas Tropicais - Gênero *Avena* (*Avena strigosa* - Aveia Preta). **Portal Agronomia**. 2012. Disponível em: <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_avena.htm>. Acesso em: 30 Jul. 2012.

_____. Série Gramíneas Tropicais - Gênero *Brachiaria* (*Brachiaria ruziziensis* - Capim). **Portal Agronomia**. 2012. Disponível em: <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_brachiaria_ruziziensis.htm>. Acesso em: 30 Jul. 2012.

_____. Silagem de Gramínea (Capim) Tropical. **Portal Agronomia**. 2012. Disponível em: <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_silagem_graminea.htm>. Acesso em: 30 Jul. 2012.

VITOR, T. R. **Biomassa Residual Como Fonte Alternativa de Energia Elétrica**. 2010. 41 f. Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Engenharia Ambiental) - Faculdade União das Américas. Foz do Iguaçu, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F. et al. Relações Biométricas em Função de Estádios de Maturação de Cultivares de Milho (*Zea mays* L.) Para Produção de Silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 256-264, 2009. **Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 256-264, 2009.