Parâmetros operacionais da implantação de uma central de geração termoelétrica à biomassa

Jaqueline Paula Walter (UFSM) - jp.walter@yahoo.com.br

Marivane Vestena Rossato (UFSM) - marivane@smail.ufsm.br

Luiz Antonio de Freitas (UFSM) - luizrf@terra.com.br

Resumo:

Dentre as atuais problemáticas ambientais pode-se salientar a necessidade de destinar adequadamente os resíduos industriais, que algumas vezes tornam-se uma dor de cabeça para empresários e ambientalistas. No caso do resíduo casca de arroz sua utilização como biomassa na geração de energia elétrica é uma das alternativas para diminuir as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEEs), já que este resíduo gera gás metano em sua decomposição. Esta prática além de proporcionar um destino adequado ao resíduo casca de arroz pode ser registrado como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) gerando receitas com a venda de Créditos de Carbono. Neste contexto, este estudo buscou identificar os parâmetros operacionais necessários para implantação de uma geradora de energia elétrica a partir da casca do arroz na Microrregião de Restinga Seca – RS, justificado pela necessidade de estimular a realização de empreendimentos que unam desenvolvimento econômico à sustentabilidade. Especificamente, o estudo atingiu seus objetivos através da aplicação do método de pesquisa exploratório, valendo-se das técnicas de pesquisa documental e bibliográfica para coleta e análise dos dados, além do levantamento de parâmetros operacionais junto à empresa CAMIL Alimentos S/A. A central termoelétrica seria instalada no município de Restinga Seca gerando um investimento total de R\$ 13.236.238,21, totalizando R\$ 105.402,78 de custos mensais para sua operacionalização. O produto principal da empresa é a energia elétrica, mas considera-se também a provável receita da venda de créditos de carbono. Ao término dos três primeiros anos de operação o empreendimento possui um lucro acumulado de R\$ 1.653.622,87.

Palavras-chave: *Parâmetros Operacionais. Geração Termoelétrica à Biomassa. Resíduo Casca de Arroz.*

Área temática: *Gestão de Custos Ambientais e Responsabilidade Social*

Parâmetros operacionais da implantação de uma central de geração termoelétrica à biomassa

Resumo

Dentre as atuais problemáticas ambientais pode-se salientar a necessidade de destinar adequadamente os resíduos industriais, que algumas vezes tornam-se uma dor de cabeça para empresários e ambientalistas. No caso do resíduo casca de arroz sua utilização como biomassa na geração de energia elétrica é uma das alternativas para diminuir as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEEs), já que este resíduo gera gás metano em sua decomposição. Esta prática além de proporcionar um destino adequado ao resíduo casca de arroz pode ser registrado como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) gerando receitas com a venda de Créditos de Carbono. Neste contexto, este estudo buscou identificar os parâmetros operacionais necessários para implantação de uma geradora de energia elétrica a partir da casca do arroz na Microrregião de Restinga Seca – RS, justificado pela necessidade de estimular a realização de empreendimentos que unam desenvolvimento econômico à sustentabilidade. Especificamente, o estudo atingiu seus objetivos através da aplicação do método de pesquisa exploratório, valendo-se das técnicas de pesquisa documental e bibliográfica para coleta e análise dos dados, além do levantamento de parâmetros operacionais junto à empresa CAMIL Alimentos S/A. A central termoelétrica seria instalada no município de Restinga Seca gerando um investimento total de R\$ 13.236.238,21, totalizando R\$ 105.402,78 de custos mensais para sua operacionalização. O produto principal da empresa é a energia elétrica, mas considera-se também a provável receita da venda de créditos de carbono. Ao término dos três primeiros anos de operação o empreendimento possui um lucro acumulado de R\$ 1.653.622,87.

Palavras-chave: Parâmetros Operacionais. Geração Termoelétrica à Biomassa. Resíduo Casca de Arroz.

Área Temática: Gestão de Custos Ambientais e Responsabilidade Ambiental.

1 Introdução

A rápida evolução tecnológica exigiu do planeta o consumo em grande escala de recursos naturais como fonte de energia, recursos que além de esgotáveis possuem alto poder de poluição. As fontes de energia derivadas do petróleo degradam o meio ambiente e são responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa (GEEs). Decorrente disto busca-se a utilização de novas fontes de energia não só pela preocupação ambiental, mas também para que o esgotamento de recursos não renováveis não venha a limitar o desenvolvimento econômico. Neste contexto, diversos setores da economia têm feito uso de fontes renováveis de energia, a exemplo da biomassa, que pode ser gerada através da queima do resíduo casca do arroz.

Levando-se em conta esta possibilidade, o Rio Grande do Sul possui grande potencial energético já que concentra 60% da produção nacional de arroz (ZERO HORA, 2009). A grande quantidade de casca de arroz gerada é destinada principalmente à adubação de lavouras, mas pelo baixo teor de nutrientes esta destinação não é muito vantajosa além de emitir gás metano – um dos gases do efeito estufa – em sua decomposição (MAYER, 2009). Assim, se não utilizado para fins energéticos, a casca de arroz torna-se uma ameaça ao meio ambiente. Em vista disso, é imperativa a busca por alternativas que aliem os interesses econômicos à preservação ambiental.

Uma destas alternativas é a utilização do arroz como biomassa que além de contribuir para a redução da emissão de metano, também contribui pelo fato de ser um resíduo do processo produtivo que em alguns casos não seria aproveitado para outra função, sendo então utilizado para a produção de energia no lugar de alimentos. Em 2007, em uma visita ao Brasil, o secretário geral da Organização das Nações Unidas (ONU), Ban KiMoo, relatou a preocupação com a segurança alimentar devido ao uso de alimentos na produção de biocombustíveis.

Deste modo a atividade a utilização da casca de arroz como biomassa substituiu o uso de alimentos como fonte de energia, garantindo a segurança alimentar da população, reduzindo as emissões de GEE sem comprometer o desenvolvimento econômico e social. A geração de energia através da queima da casca de arroz garante economia de energia elétrica ou a venda desta, como também a possível receita com venda de créditos de carbono.

A Microrregião de Restinga Seca é uma das microrregiões do Estado do Rio Grande do Sul pertencente à mesorregião Centro Ocidental Rio-Grandense, sendo composta por nove municípios: Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Formigueiro, Ivorá, Nova Palma, Restinga Seca, São João do Polêsine e Silveira Martins. A aplicação do estudo na Microrregião de Restinga Seca – RS deve-se ao seu potencial produtivo. Dados do Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA, 2008/2009) de safra por cidades apontam que a região foi responsável pela produção de 320.310 toneladas de arroz. Gerando uma quantidade estimada de 70 mil toneladas de casca de arroz, onde mais de 80% recebem forma de destino que contribui com a emissão de GEEs. (WALTER, 2009).

A fim de amenizar os impactos ambientais gerados pelas beneficiadoras de arroz surge a necessidade de identificar os parâmetros operacionais necessários para a implantação de um empreendimento que utilize casca de arroz para a geração de energia elétrica na Microrregião de Restinga Seca. Especificamente, mensurar os custos com implantação e operação da entidade através de dados fornecidos por uma empresa parâmetro e normas que regem o setor; possibilitando ainda a evidenciação de lucratividade do negócio.

A organização utilizada como parâmetro para a construção do estudo é a CAMIL Alimentos S/A com sede em Itaqui – RS. Sua principal atividade nesta região é o beneficiamento de arroz, com a produção de arroz branco e óleo de arroz para o mercado interno, gerando vultosas quantidades do resíduo casca de arroz. A geração de energia elétrica à biomassa na CAMIL é desenvolvida desde 2001, através de 4,2 MW de potência instalada, onde 3,5 MW são utilizados para suprir a demanda de energia elétrica da indústria, obtendo um excedente de 0,7 MW que são vendidos para a rede.

2 Procedimentos metodológicos

O presente estudo constitui uma pesquisa exploratório-descritiva com abordagem qualitativa dos dados. Esta classificação baseia-se no fato de que para a realização da pesquisa será identificado um projeto de MDL, já em operação, a fim de servir como parâmetro para apurar os investimentos necessários para a implantação de uma unidade geradora de biomassa na Microrregião de Restinga Seca – RS, investigando profundamente o tema e o aplicando em uma determinada situação a fim de esclarecer o problema elucidado.

As pesquisas foram classificadas, com base nos procedimentos técnicos utilizados, por Gil (2002) em dois grandes grupos, os que se utilizam de fontes de “papel”, identificados como pesquisa bibliográfica e documental; e as pesquisas que buscam dados através de pessoas, sendo a pesquisa experimental, ex-post facto, levantamento e o estudo de caso.

Para fins de coleta dos dados necessários para a realização do estudo, serão utilizados: a pesquisa documental e bibliográfica. Neste sentido também será realizado o tipo de pesquisa denominado levantamento, no que tange dados necessários não disponibilizados por meio documental, junto ao MDL a ser utilizada como parâmetro.

3 Plataforma Teórica

A aceleração do crescimento tecnológico, com o uso desenfreado de recursos naturais aliados à emissão de resíduos perigosos a saúde do planeta, motivou a preocupação com o meio ambiente e em destaque as discussões sobre os impactos ambientais das atividades humanas. A percepção dos impactos ambientais começou a ocorrer quando atividades industriais provocaram problemas de saúde nos seres humanos, como o fenômeno *smog* na Inglaterra em 1952 que, segundo Tinoco e Kraemer (2004), foi caracterizado pela emissão de enxofre na atmosfera provocada pela queima do carvão destinado a produção de energia elétrica.

Mas o acontecimento mais importante para o ambientalismo mundial, de acordo com os mesmos autores, foi a Conferência sobre Meio Ambiente Humano, ocorrido em 1972, em Estocolmo, Suécia, onde ocorreu a oposição entre o meio ambiente e o desenvolvimento econômico já mencionados no relatório *Os limites para o crescimento*, divulgado pelo Clube Roma na década de 60.

Em 1990, de acordo com Frondizi (2009), foi criado o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática), objetivando alertar o mundo sobre o aquecimento do planeta e auxiliando o Protocolo de Quioto com informações científicas. O IPCC previu ondas de calor, inundações e secas, como consequência das alterações climáticas provocadas pelo aumento entre 1 e 3,5 graus centígrados da temperatura global média da superfície terrestre. Ainda advertiram, segundo o Greenpeace, que para estabilizar a atmosfera seria necessário diminuir em 60% as emissões de gás carbônico registrados em 1990.

O Efeito Estufa é um dos principais problemas ambientais do planeta, sendo o mais discutido atualmente que consiste, como afirmam Tinoco e Kraemer (2004, p.43), no “fenômeno decorrente do aprisionamento da energia solar que deveria ser dissipada de volta para o espaço, mas que permanece na atmosfera em razão do aumento da concentração dos chamados gases do efeito estufa”. Os mesmos autores ainda citam alguns dos GEEs: “vapor d’água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e o ozônio (O₃)”.

Em 1997, na cidade de Quito no Japão, segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, (2005), foi assinado o Protocolo de Quioto, objetivando que os países desenvolvidos reduzissem “suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990 no período entre 2008 e 2012”. Os países em desenvolvimento não foram obrigados a reduzir suas emissões, pois estes possuem como prioridade, de acordo com Diniz (2001, p. 147) “o crescimento econômico sustentável e a erradicação da pobreza”. A entrada em vigor do protocolo só seria efetivada, segundo o mesmo documento do MCT, “90 dias após a sua ratificação por pelo menos 55 Partes da Convenção, incluindo os países desenvolvidos que contabilizaram pelo menos 55% das emissões totais de dióxido de carbono em 1990 desse grupo de países industrializados”, o que ocorreu em fevereiro de 2005, através da assinatura da Rússia.

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL ou Clean Development Mechanism, CDM, em inglês) foi instituído pelo Protocolo de Quioto em seu Art. 12º, § 1:

o objetivo do mecanismo de desenvolvimento limpo deve ser assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3.

Assim, o MDL constitui um incentivo para que os países em desenvolvimento, países do não-Anexo I, participem voluntariamente na redução de emissões de GEEs, obrigatórias aos países do Anexo I que correspondem aos países desenvolvidos. Além disso, esta modalidade criada pelo Protocolo de Quioto instiga a transferência de recursos financeiros dos países desenvolvidos aos em desenvolvimento, diminuindo a pobreza ao mesmo tempo em que alcança o objetivo principal da convenção que é o desenvolvimento sustentável. Os projetos no âmbito do MDL devem obedecer a três requisitos básicos:

- (a) Participação voluntária aprovada por cada Parte envolvida;
- (b) Benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima, e
- (c) Reduções de emissões que sejam adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto. (PROTOCOLO DE QUIOTO, Art. 12º, §5)

Os países que possuem compromisso de redução (Anexo I) podem adquirir Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) geradas por projetos de MDL situados em países do não-Anexo I. A venda de RCEs, mais conhecidas como “créditos de carbono”, é autorizada pelo §3, do Art. 12 do Protocolo de Quioto:

[...] as Partes incluídas no Anexo I podem utilizar as reduções certificadas de emissões, resultantes de tais atividades de projetos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no artigo 3, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

Desta forma, ao implantar um MDL, com emissões certificadas, é possível realizar a venda de créditos de carbono no mercado financeiro, podendo ser comercializadas as Reduções Esperadas (REs) e as Reduções Certificadas (RCs). A parte do Anexo I que adquirir créditos de carbono, segundo o Protocolo de Quioto, terá esta soma adicionada a sua redução de emissões, conforme disciplina o § 12 do Art. 3º, “qualquer redução certificada de emissões que uma Parte adquira de outra Parte em conformidade com as disposições do Artigo 12 deve ser acrescentada à quantidade atribuída à Parte adquirente”.

O Brasil encontra-se em terceiro lugar no mundo em quantidade de projetos de MDL, segundo dados do MCT (2009), representando 8% da quantidade mundial de projetos, ficando atrás somente da China (37%) e da Índia (27%).

Segundo Frondizi (2009), estas atividades dividem-se em dois tipos principais: (i) atividades de redução de emissão de GEE; e (ii) atividades de remoção de CO₂. As etapas do registro são: elaboração do documento de concepção do projeto DCP; validação/aprovação; registro; monitoramento; verificação/certificação; e emissão das RCEs.

Após o registro, o monitoramento da atividade deve ser realizado pelos participantes do projeto conforme plano apresentado no DCP. Este monitoramento consiste no “processo de coleta e armazenamento de todos os dados necessários para o cálculo da redução de emissões de GEE, ou do aumento das remoções de CO₂, de acordo com a metodologia de linha de base e monitoramento da atividade de projeto”. (FRONDIZI, 2009, p.60)

Observa-se ainda que:

só poderão ser emitidas RCEs relativas à redução de emissões ou aumento das remoções que tenham sido devidamente monitoradas. Portanto, os participantes do projeto devem elaborar um Relatório de Monitoramento relativo ao período a ser verificado para emissão das RCEs e, posteriormente, encaminhá-lo à EOD contra-

tada para que esta realize a etapa de verificação/certificação. (FRONDIZI, 2009, p.60).

O Relatório de Certificação o Conselho Executivo emite o montante de RCEs correspondente às emissões reduzidas e certificadas. Então poderá ser realizada a transferência de 98% das RCEs para uma conta no Registro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (partes do não-Anexo I); ou em algum Registro Nacional (partes do Anexo I), os 2% restantes são direcionados a uma conta de constituição do fundo de adaptação a fim de auxiliar os países mais vulneráveis às mudanças do clima.

Todos os procedimentos exigidos ao registro do MDL são simplificados no caso de uma atividade de projeto de pequena escala, sendo considerados três tipos:

- a) atividades de projeto de energia renovável que tenham uma capacidade máxima de geração equivalente de 15 MW (ou equivalente apropriado).
- b) atividades de projetos de melhoria da eficiência energética que reduzam o consumo de energia, no lado da oferta e/ou da demanda, em um valor igual ou inferior a 60 GWh por ano (ou equivalente apropriado).
- c) outras atividades de projetos limitadas àquelas que resultem em reduções de emissões iguais ou inferiores a 60 kt de CO₂ equivalente por ano.

Biomassa e Geração de Energia

Como resíduo industrial, a casca de arroz deve receber um tratamento adequado segundo as normas ambientais. De acordo com a FEPAM (2002), a casca de arroz pertence à Classe II, que engloba os resíduos não perigosos. As formas de destino dos resíduos sólidos industriais mais comuns, de acordo com Sirvinskas (2002, p.143), são: “a) depósito a céu aberto; b) depósito em aterro sanitário; usina de compostagem; d) usina de reciclagem; e e) usina de incineração”. Algumas destas formas aplicáveis à casca de arroz são abaixo comentadas, segundo dados do mesmo autor.

O destino mais adequado na visão ambiental é a combustão controlada, constituindo um dos processos mais eficazes para mitigação da emissão de GEEs. A casca do arroz quando destinada à queima possui capacidade de geração de energia, ou seja, é utilizada como fonte de energia denominada biomassa. A biomassa é a produção de energia através de matéria orgânica, tendo como principais vantagens o menor grau de poluição, uso de fontes renováveis e menor custo para sua produção, como é confirmado por Hinrichs & Kleinbach:

a energia de biomassa é a energia derivada de matéria-prima viva como os grãos (milho, trigo), as árvores e as plantas aquáticas; esta matéria viva também é encontrada nos resíduos agrícolas e florestais (incluindo os restos de colheita e os estrumes) e nos resíduos sólidos municipais.

Para ser utilizada na geração de energia, a biomassa pode ser transformada em três formas de combustível:

- a) combustíveis sólidos como as lascas de madeira; b) combustíveis líquidos produzidos a partir da ação química ou biológica sobre a biomassa sólida e/ou da conversão de açúcares vegetais em etanol ou metanol; e c) combustíveis gasosos produzidos por meio o processamento com alta temperatura e alta pressão.(HINRICHS & KLEINBACH, 2003, p.437).

Existem diversos processos que convertem a biomassa em outras formas de energia, que são classificados por Hinrichs & Kleinbach (2003, p.445) em três tipos:

1. Combustão direta – a queima de biomassa para produzir calor para o aquecimento de ambientes ou para a produção de eletricidade através de uma turbina de vapor. Qualquer coisa – de resíduos sólidos e sobras de colheitas a madeira – pode servir como combustível para esse processo.
2. Pirólise – a decomposição térmica de resíduos em um gás ou líquido (com um relativamente baixo valor de aquecimento) sob altas temperaturas (500°C a 900°C) em uma atmosfera pobre em oxigênio.
3. Processos bioquímicos – decomposição de resíduos orgânicos em uma atmosfera deficiente em oxigênio – com a produção de gás metano (digestão anaeróbica) ou a fermentação controlada para a produção dos álcoois etanol e metanol.

A combustão direta, segundo os mesmos autores, tem sido uma das soluções encontradas pelos Estados Unidos da América (EUA) a fim de destinar a grande quantidade de lixo gerada por sua população, apesar de ainda ser pouco utilizada. Esta alternativa também é a utilizada para a geração de energia elétrica através da casca de arroz, podendo ser realizada pela geração com ciclo a vapor ou cogeração.

Lora & Nascimento (2004, p.641), afirmam que “uma central termelétrica com ciclo a vapor fica composta por três elementos principais: a caldeira a vapor, as tubulações para o transporte de vapor e o grupo turbogerador”. O grupo turbogerador é composto por turbina a vapor, gerador elétrico e equipamentos auxiliares que são o condensador, aquecedores regenerativos e bombas.

A geração termelétrica com ciclo de vapor utiliza:

o calor proveniente da combustão de combustíveis para a geração de vapor num equipamento chamado caldeira ou gerador de vapor. Portanto, a energia térmica acumulada em forma de calor pode ser utilizada para aquecimento, processos industriais e para geração de energia elétrica, adicionando uma turbina a vapor acoplada a um gerador elétrico. (COELHO,2000,p.33).

Já a cogeração faz simultaneamente a geração de energia mecânica/elétrica e térmica a partir do mesmo combustível. A cogeração possui alta eficiência já que aproveita o calor gerado no processo do ciclo a vapor, o que também beneficia o meio ambiente já que impede que o calor do processo seja lançado na atmosfera. Visando-se a eficiência energética o ciclo a vapor pode ser utilizado com cogeração onde, como define Coelho (2000, p.34), “é utilizado para o processo o calor residual do vapor, geralmente de baixa pressão da exaustão da turbina a vapor (turbinas de contrapressão), ou de uma extração numa turbina de condensação”.

4 Resultados

Os parâmetros operacionais para a implantação de unidade que utilize a casca de arroz como fonte combustível para a geração de energia elétrica na Microrregião de Restinga Seca - RS concentra-se na possibilidade da união de beneficiadoras de arroz em uma central termoeletrica de capacidade de geração de energia de 4,2 MW. Segue-se então a diretriz de que o lucro seja distribuído em relação à quantidade de casca de arroz fornecida, não incorrendo em custos com a aquisição do resíduo.

Nos custos operacionais também foram desconsiderados o custo com transporte do resíduo das beneficiadoras de arroz à central termoeletrica, que ficaria a cargo de cada indústria fornecedora, já que as diferentes distâncias entre as indústrias e a futura unidade de geração termelétrica causariam um custo diferente para cada transporte, que no final, seriam distribuídos de igual forma a todos participantes do empreendimento.

Para determinação dos parâmetros foi considerada como cidade sede Restinga Seca, por concentrar o maior número de empresas beneficiadoras de arroz, possuindo menor distância com as demais cidades da região e grande quantidade de casca de arroz. O fator

distância é importante porque influi na emissão de GEEs relacionados ao transporte do resíduo. Além disso, Restinga Seca é limítrofe de Cachoeira do Sul, que apesar de não fazer parte da microrregião é um potencial fornecedor já que gera com aproximadamente de 60 mil toneladas anuais de casca de arroz.

4.1 Estrutura Operacional

O processo produtivo diz respeito ao processo de geração de energia elétrica e térmica a partir do resíduo casca de arroz. Na empresa parâmetro o processo inicia a partir da geração do resíduo pelo processo de beneficiamento do arroz na indústria, a casca de arroz é queimada em uma fornalha de uma caldeira, que com o calor gerado aquece a água e gera vapor, que por sua vez aciona uma turbina que transforma energia térmica em movimento, acionando o eixo de um gerador que transforma este movimento em energia.

- Maquinas e Equipamentos

As máquinas e equipamentos que compõem este processo são: uma caldeira, uma turbina, um redutor de velocidade, um gerador, transformadores de energia e painéis elétricos. De acordo com a empresa parâmetro, o custo total de aquisição destas é de R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais), não se considerando gastos com transporte e montagem destes equipamentos.

- Gastos Estruturais

A construção das instalações da geradora de energia elétrica totaliza um dispêndio de R\$ 3.000.000,00 (três milhões de reais), conforme dados da organização parâmetro.

Na indústria parâmetro, a área administrativa aproveitada pela área de geração de energia elétrica é a mesma já instalada para a atividade fim da empresa, não podendo ser utilizada como parâmetro para o estudo. Desta forma, utilizou-se o conhecimento de um profissional de Arquitetura e Urbanismo para determinar os ambientes necessários para a área administrativa e refeitório. Assim, partindo-se do número de funcionários foi possível determinar as dimensões dos ambientes e os móveis necessários, obedecendo a Norma Regulamentadora 18. (WALTER, 2010)

O cálculo do custo da obra (Tabela 1) foi realizado através do CUB (Custo Unitário Básico) referente ao mês de abril de 2010, equivalente a R\$ 834,78/m², conforme CREA-RS (2010).

Tabela 1 – Gastos da Construção da Área Administrativa

Descrição	Área da Construção (em m ²)	Valor (em R\$)
Recepção/Secretaria	23,65	19.742,55
Sala Coordenação	29,62	24.726,18
Sala Diretoria	22,10	18.448,64
Sala de Reuniões	23,87	19.926,20
Sanitários	3,91	3.263,99
Cozinha	30,29	25.285,49
Refeitório	53,82	44.927,86
Almoxarifado	12,74	10.635,10
Total	200,00	166.956,00

Fonte: Elaborado a partir de dados fornecidos por Walter (2010).

Na Tabela 2 estão apresentados os Gastos Estruturais gerados pela implantação da central termoelétrica. O valor de aquisição dos terrenos foi estimado através da Imobiliária Magoga Ltda, com sede no município de Restinga Seca – RS, o tamanho foi determinado

obedecendo ao valor máximo de 60% de área construída no terreno (Lei de Ocupação do Solo de Santa Maria, 2005) e considerando a necessidade de espaço para descarga do resíduo casca de arroz. Foram utilizados dados de Santa Maria, devido à falta de dados relativos a normas de ocupação do solo do município de Restinga Seca.

Tabela 2 – Gastos Estruturais

Item	Área	Valor (em R\$)
Terreno	5.000 m ²	15.000,00
Instalações Industriais	800 m ²	3.000.000,00
Móveis	-	10.000,00
Área administrativa	200 m ²	166.956,00
Móveis do Escritório	-	21.453,71
Móveis da Cozinha/Refeitório	-	14.045,80
Sistema de Alarme	-	1.956,00
Total		3.229.411,51

Os valores dos móveis do Escritório e da Cozinha/Refeitório são resultados de um orçamento realizado junto a lojas de Santa Maria, município próximo a Restinga Seca e que conforme condições destas lojas, o frete seria gratuito; e o valor dos móveis da área industrial foi fornecido pela empresa parâmetro. O orçamento do Sistema de Alarmes foi elaborado pela empresa SOS Monitoramento de Alarmes Ltda de Santa Maria.

- Legalização

Os custos relativos a legalização da empresa são apresentados no Quadro 1. Como não foi definida a formação jurídica da empresa foi considerado o registro de maior valor junto a Junta Comercial.

Item	Custo (R\$)
Registro do terreno e escrituração	126,70
ITBI	300,00
Registro na Junta Comercial	162,00
Alvará de Localização	1.221,00
Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ)	sem custos
Registro na Secretaria de Estado da Fazenda	sem custos
Registro no INSS - sem custos	sem custos
Licenças ambientais	5.017,00
Total	6.826,70

Fonte: Demonstrativo do custo com registro e legalização.

Quadro 1 – Custo de legalização

- Incentivos Governamentais

A Prefeitura Municipal de Restinga Seca prevê a criação de um Distrito Industrial na cidade, este projeto irá beneficiar empreendimentos que gerem empregos na cidade através da doação de terreno para a instalação da indústria.

Na esfera estadual, o empreendimento conta com o FUNDOPEM/RS (Fundo Operação Empresa do Estado do Rio Grande do Sul), instituído pela Lei n.º 11.028 de 1997. O programa consiste no financiamento de até 75% do ICMS incremental devido mensalmente pelo empreendimento incentivado, com prazo de carência de até 60 meses. O Estado do Rio Grande do Sul oferece também o INTEGRAR/RS, que consiste no abatimento de um

percentual do valor de cada parcela de amortização do FUNDOPEM/RS, se paga até a data de vencimento. No caso do município de Restinga Seca este percentual é de 50%, de acordo com o INTEGRAR/IDESE (Programa de Harmonização do Desenvolvimento Industrial – Indicadores de Desenvolvimento Sócio-Econômico). (SEDAI, 2010).

Estes incentivos não serão considerados na construção dos parâmetros operacionais e na formação da estrutura patrimonial do projeto.

- **Financiamento**

Para a instalação da indústria foi considerado o financiamento através do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) e da linha de financiamento do FINEM – Financiamento a Empreendimentos – chamada Energias Renováveis, para empreendimentos que contribuam com o meio ambiente através da diversificação da matriz energética do país.

- **Matéria-prima**

A matéria-prima da central termoeétrica em questão é o resíduo casca de arroz a matéria-prima da central. A Microrregião de Restinga Seca – RS conta com a existência de quinze beneficiadoras de arroz, conforme Walter (2009), sendo prováveis fornecedoras de matéria-prima para a central termoeétrica e totalizando aproximadamente 80.000 (oitenta mil) toneladas/ano. A central termoeétrica utilizaria cerca de 55 mil toneladas de casca de arroz ao ano operando em capacidade máxima.

A usina não possui gastos com matéria-prima, já que as empresas fornecedoras seriam remuneradas através da repartição de uma parcela do lucro líquido proporcional quantidade do resíduo fornecido. Porém, ressalta-se que existe uma expectativa de retorno mínimo sobre este fornecimento de matéria-prima, sendo considerado o preço mínimo de mercado de cinco reais por tonelada de casca de arroz.

- **Mão-de-obra direta**

A usina termoeétrica operaria 24 horas por dia e 7 dias da semana, processo adotado pela empresa parâmetro, empregando dez operários e um coordenador. Para a determinação do custo com mão-de-obra (MOB) no setor de geração foi adotada a escala de revezamento 12 horas trabalhadas por 36 horas de descanso (12x36).

O salário base dos operários considerado no cálculo de MOB é o mínimo regional do estado do Rio Grande do Sul, igual a R\$ 511,29. A Tabela 3 apresenta o custo da Mão-de-obra Direta devida mensalmente. Na composição da remuneração dos operários foi considerada a incidência de adicional noturno, periculosidade e descanso semanal remunerado devido em dobro.

A escala de revezamento é composta por dois turnos:

- **Turno 1:** horário diurno, das seis às dezoito horas e conta com dois operários.
- **Turno 2:** horário diurno e noturno, das dezoito horas de um dia às seis horas do outro dia e conta com dois operários.

Tabela 3 – Mão-de-obra direta

	Nº de Funcionários	Horas/mês		MOB (em R\$)	Adicional (em R\$)	Total (em R\$)
		Diurna	Noturna			
Turno 1	4	180	-	2.045,16	613,55	2.658,71
Turno 2	4	75	120	2.488,28	746,48	3.234,76
	8	255	120	4.533,44	1.360,03	5.893,47

Os domingos e feriados trabalhados devem ser pagos em dobro, para isto foi considerada a média de 63 domingo e feriados ao ano. A Tabela 4 apresenta o custo de MOB por cada domingo e feriado trabalhado.

Ressalta-se que o Turno 2 possui 13 horas de trabalho obedecendo a legislação trabalhista, visto que as sete horas trabalhadas no período das 22 horas da noite às 5 horas da manhã, sobre às quais é devido o adicional noturno, não discorrem pelo horário do relógio e sim pela determinação da CLT de 52,5 minutos, equivalendo assim à oito horas.

Tabela 4 – Domingos e feriados devidos em dobro

Funcionários	Horas/dia		MOB (em R\$)	Adicional (em R\$)	Total (em R\$)	
	Diurnas	Noturnas				
Turno 1	2	12	136,34	40,90	177,25	
Turno 2	2	5	8	165,89	49,77	215,65
			302,23	90,67	392,90	

Na Tabela 5 observa-se o valor total estimado para os gastos mensais com a mão-de-obra dos operários.

Tabela 5 – Mão-de-obra direta total

	MOB	Domingos e Feriados	Periculosidade	Total
Anual	R\$ 54.401,26	R\$ 19.040,44	R\$ 22.032,51	R\$ 95.474,20
Mensal	R\$ 4.533,44	R\$ 1.586,70	R\$ 1.836,04	R\$ 7.956,18

- Mão de obra Indireta

Na área administrativa foi determinada a relação de funcionários conforme visualiza-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Mão-de-obra Indireta

Funcionários	Quantidade	Salário (em R\$)
Cozinheira	1	511,29
Secretária	1	1.000,00
Coordenador – Engenheiro	1	3.067,74
Administrativo Financeiro - Contador	1	3.105,60
Diretor	1	5.000,00
Total	5	12.684,63

O salário da cozinheira foi considerado o mínimo regional do Estado do Rio Grande do Sul; os salários da Secretária, Engenheiro e Contador foram estabelecidos conforme piso da categoria. O salário do Diretor foi instituído em um valor maior que os demais por envolver um grau maior de responsabilidades, perfazendo a direção de toda a empresa. Os Encargos Sociais incidentes sobre a mão-de-obra totalizam 63,39%.

- Outros Custos variáveis

Os custos variáveis mensais, operando-se em capacidade máxima, totalizam R\$ 20.000,00, dado fornecido pela empresa parâmetro que englobam custos com produtos químicos para a caldeira, lubrificantes, e outros; relacionados à produção de vapor para a

turbina. A manutenção é realizada diariamente e consome em recursos cerca de R\$ 50.000,00 por mês.

- Despesas e Custos Fixos

O total despendido com despesas com telefone, material de escritório, materiais de limpeza e internet somam R\$ 1.500,00 mensalmente, segundo dados da empresa parâmetro. A mensalidade do sistema de monitoramento e segurança da empresa foi estimada em R\$ 120,00 pela empresa SOS Monitoramento de Alarmes Ltda. A renovação anual do Alvará de Localização é de R\$ 693,00.

A energia elétrica consumida é a própria gerada pelo processo produtivo, sendo que a área administrativa consome cerca de 514,30 kW/mês, conforme Walter (2010), cálculo realizado através do método Lumens e da estimativa do consumo de cada equipamento eletrônico referida pelo Inmetro.

A depreciação foi calculada em obediência a Instrução Normativa da Secretaria da Receita Federal (IN SRF) nº 162 de 1998 e totalizam R\$ 1.311.932,47.

- Receitas

A energia elétrica gerada pela unidade poderia ter dois destinos, a venda para uma distribuidora de energia elétrica ou a distribuição entre os participantes de acordo com a quantidade de resíduo fornecida. Para a realização do estudo foi eleita a primeira hipótese por causar menor interferência na atividade de beneficiamento de arroz dos investidores, já que com uma falha na geração de energia elétrica ou no fornecimento de resíduo as indústrias dependentes desta fonte de energia teriam que interromper suas atividades.

Para a realização do cálculo da receita com a venda de energia elétrica utilizou-se a tarifa de comercialização de R\$ 139,12/MWh, valor negociado no 1º Leilão de Fontes Alternativas da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) em 2007. A capacidade de geração de energia da empresa seria de 4,2 MWh, enquanto que o consumo interno suposto é de 514,30 kW ao mês.

A venda de créditos de carbono foi considerada anual, sendo efetivada a venda somente depois da emissão das RCEs pelo Conselho Executivo o que ocorre aproximadamente 30 dias após a realização do monitoramento das reduções alcançadas pela atividade, que geralmente ocorre anualmente. Foi admitido para cada crédito de carbono o preço de € 10,00 (dez euros), para a conversão da moeda admitiu-se a taxa de câmbio resultante da média dos valores atingidos entre os meses de janeiro e maio de 2010 (Banco Central, 2010), equivalente a € 1,00 = R\$ 2,40. As receitas auferidas pelo empreendimento são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Receitas no primeiro ano de operação (em R\$)

	Energia Elétrica Excedente	Créditos de Carbono	Total
Mensal	420.627,33	-	420.627,33
Anual	5.047.527,97	868.640,64	5.047.527,97

Sobre a venda de energia elétrica incidem os seguintes tributos: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), Contribuição para o Programa de Integração Social (PIS), Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica (TFSEE); totalizando R\$ 1.067.561,00 ao ano.

A estimativa da receita com a venda de créditos de carbono considera as reduções de emissões da empresa parâmetro e a retenção de 2% para o fundo de adaptação. As RCEs

ainda não possuem tributação definida, sendo isentas de PIS/COFINS quando vendidas ao exterior.

4.2 Demonstração do Resultado do Exercício

A partir da compilação destes dados foi possível levantar o Demonstrativo do Resultado do Exercício dos três primeiros anos de operação da empresa, demonstrando a lucratividade do empreendimento.

Contas	ANO 1 (em R\$)	ANO 2 (em R\$)	ANO 3 (em R\$)
(+) Venda de Energia	5.047.527,96	5.047.527,96	5.047.527,96
(-) Impostos s/ vendas	(1.042.314,60)	(1.042.314,60)	(1.042.314,60)
(-) ICMS	(858.079,80)	(858.079,80)	(858.079,80)
(-) PIS/COFINS	(184.234,80)	(184.234,80)	(184.234,80)
(=) Receita Operacional Líquida	4.005.213,36	4.005.213,36	4.005.213,36
(-) Custos do Produto Vendido	(995.995,30)	(995.995,30)	(995.995,30)
(-) MOD	(155.995,30)	(155.995,30)	(155.995,30)
(-) Manutenção	(600.000,00)	(600.000,00)	(600.000,00)
(-) Custos variáveis	(240.000,00)	(240.000,00)	(240.000,00)
(=) Resultado Operacional Bruto	3.009.218,06	3.009.218,06	3.009.218,06
(-) Despesas Operacionais	(3.798.526,75)	(3.569.284,11)	(2.411.855,29)
(-) Salários Adm. e Encargos	(248.705,00)	(248.705,00)	(248.705,00)
(-) TFSEE	(25.246,47)	(25.246,47)	(25.246,47)
(-) Depreciação	(1.311.932,47)	(1.311.932,47)	(1.311.932,47)
(-) Outras Despesas	(26.959,70)	(20.133,00)	(20.133,00)
(-) Juros s/ Financiamento	(2.185.683,11)	(1.963.267,17)	(805.838,35)
(+/-) Outras Receitas Operacionais	868.640,64	1.068.513,60	1.235.599,68
(+) Venda dos Créditos de Carbono	868.640,64	1.068.513,60	1.235.599,68
(=) LAIR	79.331,94	508.447,54	1.832.962,44
(-) IRPJ e CSLL	(19.039,67)	(148.872,16)	(599.207,23)
(=) Lucro Líquido do Exercício	60.292,28	359.575,38	1.233.755,21

Quadro 2 – Demonstração do resultado do exercício

A venda de créditos de carbono possui valores diferentes durante estes três períodos pela diferença de reduções de emissões existente na empresa parâmetro.

Ao término do terceiro ano a empresa apresenta um lucro acumulado de R\$ 1.653.622,87, considerando a remuneração mínima do investimento esperada pelo fornecimento da matéria-prima, no primeiro ano de operação não seria recuperado, mas ao término do terceiro ano o mínimo esperado de R\$ 825.000,00, referentes as 165 mil toneladas fornecidas nos três anos de operação, seria metade do lucro total acumulado.

5 Considerações Finais

A proposta de implantação de uma central de geração termoeletrica através da utilização de casca de arroz como biomassa no município de Restinga Seca é uma alternativa propicia a união das beneficiadoras de arroz da Microrregião de Restinga Seca – RS em um

empreendimento rentável que destina de forma adequada este resíduo, gerando renda para as indústrias participantes e contribuindo para a proteção do meio ambiente.

Para construção do estudo foram utilizados parâmetros de uma empresa que já utiliza a casca de arroz para a geração de energia elétrica além da busca dos demais dados necessários juntos a órgãos públicos e outras empresas.

A utilização da casca de arroz no processo de geração termoelétrica consiste na transformação de um resíduo industrial, danoso ao meio ambiente, em energia elétrica e térmica, gerando receita pela venda de energia elétrica a uma concessionária de energia e a provável geração de créditos de carbono para a venda aos países do Anexo I do Protocolo de Quioto.

A central utiliza 55 mil toneladas de arroz ao ano, gerando 36.288 MW de energia limpa, reduzindo aproximadamente 57 mil toneladas de gás carbônico equivalente ao ano. Tudo isto através de um custo operacional de R\$ 105.402,78, desconsiderando-se impostos e depreciação, e acumulando um lucro de R\$ 1.653.622,87 ao término de três anos de operação.

Este estudo demonstra a importância do Protocolo de Quioto pelo fato de estimular investimentos em projetos de energias renováveis, fazendo com que recursos dos países desenvolvidos gerem desenvolvimento econômico nos países subdesenvolvidos ao mesmo tempo em que diminui a emissão de Gases do Efeito Estufa.

Esta alternativa rentável é uma solução para a destinação do resíduo da casca de arroz produzido não só na região foco do estudo, podendo ser aplicada em outras localidades. Levando maior tranquilidade a empresas que possuem destinos inadequados ou custosos para este resíduo, demonstrando uma maneira de aliar desenvolvimento econômico e sustentabilidade.

Referências

BACEN – Banco Central do Brasil. **Cotações**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpsq.asp?id=txcotacao&id=txcotacao>>. Acesso em: 14 mai. 2010.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e social. **FINEM – Financiamento a empreendimentos**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FINEM/>. Acesso em: 13 mai 2010.

BRASIL. Decreto nº 93.412 de 14 de outubro de 1986. Institui salário adicional para empregados do setor de energia elétrica, em condições de periculosidade, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/dec198693412.pdf>>. Acesso em: 04 mai. 2010.

BRASIL. Instrução Normativa da Secretaria da Receita Federal nº 162 de 1998. Fixa prazo de vida útil e taxa de depreciação dos bens que relaciona. **Secretaria da Receita Federal**. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/ins/Ant2001/1998/in16298.htm>>. Acesso em: 05 mai. 2010.

BRASIL. Lei nº 4.950-A de 22 de abril de 1966. Dispõe sobre a remuneração de profissionais diplomados em Engenharia, Química, Arquitetura, Agronomia e Veterinária. Disponível em: <<http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/1966/4950A.htm>>. Acesso em: 11 jun. 2010.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. 1º Leilão de Fontes Alternativas: Resultados. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br>>. Acesso em: 25 mai 2010.

COELHO, S. T.; PALETTA, C. E. M.; FREITAS, M. A. V. (editores). **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. Brasília: [s.n.], 2000.

CREA-RS. **Custo Unitário Básico – RS, mês de abril de 2010**. Disponível em: <http://www.crea-rs.org.br/crea/indicadores-taxas.php?id_cms_menu=53>. Acesso em: 11 jun. 2010.

DINIZ, E. M. **Crescimento, Poluição e o Protocolo de Quioto**: uma avaliação do caso brasileiro. São Paulo: Banco Santos – Universidade de Oxford, 2001.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental– RS. **Tabelas de Custos**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/14.asp>>. Acesso em: 05 mai. 2010.

FRONDIZI, Isaura Maria de R. L. (Coord.). **O Mecanismo De Desenvolvimento Limpo - Guia de Orientação 2009**. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio: FIDES, 2009.
Fundação Getúlio Vargas. **O Retorno da Educação no Mercado de Trabalho**. 2005. Disponível em: <http://www.fgv.br/cps/simulador/quali2/Apresenta%C3%A7%C3%A3o/FGV_Pesquisa_Retornos_da_Educa%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 11 jun 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GREENPEACE. **Campanha de Energia**. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/clima/pdf/protocolo_kyoto.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2009.

HINRICHS, Roger; KLEINBACH, Merlin H. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Thomson, 2003.

IBGE: produção de arroz cresceu 9% no Brasil e 15,7% no RS em 2008. **Zero Hora**. Disponível em: <<http://zerohora.clicrbs.com.br/zerohora/jsp/default.jsp?section=Economia&newsID=a2687227.xml>>. Acesso em: 16 nov. 2009.

JUCERGS - Junta Comercial do Rio Grande do Sul. **Tabela de Preços**. Disponível em: http://www.jucergs.rs.gov.br/p_tabelaprecos.asp. Acesso em: 15 abr. 2010.

LORA, E. E. S., NASCIMENTO, M. A. R. (org.) **Geração termelétrica**: planejamento, projeto e operação. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 2 v.

MAYER, F.D. **Aproveitamento da casca de arroz em uma micro central termelétrica**: avaliação dos impactos econômicos e ambientais para o setor arrozeiro do rio grande do sul. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Status atual das atividades de projeto do MDL no Brasil e no mundo.** 2009. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/30317.html>>. Acesso em: 05 dez. 2009.

Prefeitura Municipal de Santa Maria. **Lei de Ocupação do Solo, 2005.** Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/index.php?secao=documentos>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

PROTOCOLO DE QUIOTO: à Convenção sobre Mudança do Clima. 2005. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/28739.html>>. Acesso em: 23 dez. 2009.

SEDAI - Secretaria do Desenvolvimento e dos assuntos Internacionais. **FUNDOPEM/INTEGRAR - RS.** Disponível em: <http://www.sedai.rs.gov.br/fundopem_integrar.php> Acesso em: 15 abr. 2010.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de Direito Ambiental.** São Paulo: Saraiva, 2002.

TINOCO, João Eduardo Prudêncio; KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. **Contabilidade e gestão ambiental.** São Paulo: Atlas, 2004.

WALTER, Jaqueline Paula; CARGNELUTTI, Fernanda Marchesan. **Destino do resíduo casca de arroz na Microrregião de Restinga Seca:** um enfoque a responsabilidade sócio-ambiental. Jornada Acadêmica Integrada – JAI; Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

WALTER, Tânia Cristine. Arquiteta e Urbanista - CREA nº 160509 – RS. 2010. In loco.