

ESTUDO DE VIABILIDADE DE QUEIMA DE RESÍDUOS ORIGINÁRIOS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIO

Clóvis Felder*
José Carlos Azzolini**

Resumo

Este estudo foi desenvolvido em uma empresa de laticínio da Região Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina. O objetivo foi analisar a viabilidade de utilização de resíduos gerados na empresa de laticínio, como papelão, paletes de madeira triturados e, principalmente, o lodo originário do sistema de tratamento de efluentes (combustíveis auxiliares) com a finalidade de minimizar o consumo do combustível principal (cavaco), utilizado na caldeira e diminuir os impactos ambientais e custos empregados com o destino final destes resíduos por meio do reaproveitamento na própria indústria como fonte alternativa de energia térmica. O foco principal do estudo foi a viabilidade de queima do lodo verde proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de Laticínios, com umidade média de 80% e sem secagem prévia, juntamente com paletes de madeira triturados e papelão proveniente de embalagens de matéria-prima e insumos. Dos resultados evidenciados e considerando seus resíduos com grande potencial de queima para a geração de energia térmica, conclui-se que a dosagem de 15,7% em peso de lodo, sendo os níveis dos parâmetros analisados com menores índices de poluição atmosférica e um aumento da potência térmica nominal do sistema, juntamente com os resíduos de papelão e paletes triturados, traz uma economia anual de R\$ 904.326,00, equivalente a um volume de cavaco de 15,37 t/dia. Assim, com o presente estudo, constatou-se que o reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados em laticínios para a geração de energia térmica é viável, pois além de apresentar um retorno econômico, mediante a redução de consumo de cavaco, traz também benefícios à empresa, à sociedade e ao meio ambiente.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Lodo. Queima. Viabilidade econômica.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor industrial é responsável pelo desenvolvimento econômico do país, impulsionando as mais diversas atividades, e, diante das preocupantes questões ambientais, direciona pesquisas que buscam um melhor aproveitamento do resíduo e um menor impacto ecológico e ambiental.

Diante da realidade das empresas, buscam-se alternativas para o tratamento adequado de efluentes e o aproveitamento de resíduos sólidos como fonte de energia térmica, disponível e com grande potencial térmico, que podem ser convertidos em energia mediante a queima em máquinas de geração de vapor, embora haja também uma preocupação com as emissões gasosas

* Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade do Oeste de Santa Catarina de Joaçaba; clovisfelder@hotmail.com

** Orientador do Curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade do Oeste de Santa Catarina; jose.azzolini@unoesc.edu.br

provenientes desse processo de combustão.

Dessa forma, o estudo proporciona uma base teórica que objetiva a utilização dos resíduos sólidos, em especial o lodo, como combustível auxiliar na geração de energia térmica com avaliação dos gases de combustão O_2 , CO , CO_2 , NO_x e SO_x liberados no processo de queima e comparação desses parâmetros com padrões de lançamento das legislações em vigor: Resolução do Conama n. 382/06 e n. 316/02.

Assim, o presente estudo tem por objetivo principal desenvolver uma análise de viabilidade de utilização de resíduos gerados na empresa de laticínio, como o papelão, os paletes de madeira e, principalmente, o lodo originário do sistema de tratamento de efluentes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a Resolução do Conama n. 316 define como resíduos os materiais ou substâncias que sejam inservíveis, ou não, passíveis de aproveitamento econômico, resultantes de atividades de origem industrial, urbana, serviços de saúde, agrícola e comercial, entre os quais se incluem aqueles provenientes de portos, aeroportos e fronteiras, além dos contaminados por agrotóxicos.

Grande variedade dos resíduos é gerada nas diversas áreas de produção administrativa e instalações auxiliares, como: papel e papelão, embalagens, paletes de madeira, lodo do tratamento de efluentes, etc. Cabe ressaltar que alguns dos resíduos gerados são passíveis de reciclagem ou reaproveitamento (MAGANHA, 2006).

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos-d' água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Segundo Monteiro et al. (2001, p. 31), resíduos industriais são muito variados e apresentam características diversificadas, uma vez que estas dependem do tipo de produto manufaturado. Em geral, trata-se de transformar os resíduos em matéria-prima, gerando economia no processo industrial. Adota-se a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para se classificarem os resíduos industriais: Classe I (Perigosos), Classe II (Não inertes) e Classe III (Inertes).

2.1.1 Lodo

De acordo com Richter (2001), o lodo das estações de tratamento de água é basicamente o produto da coagulação da água bruta e uma composição aproximada daquela, acrescida dos produtos resultantes do coagulante utilizado.

A definição da melhor opção para a disposição final do lodo depende diretamente das suas características físico-químicas e biológicas, entre as quais sobressaem a quantidade de matéria orgânica, os nutrientes, os metais pesados e os compostos orgânicos potencialmente tóxicos (SANTOS, 1996 apud RICHTER, 2001).

Os principais efeitos nocivos provocados por uma disposição inadequada do lodo podem resultar em: risco à saúde humana, animal e vegetal em razão de agentes contaminantes; acúmulo de metais pesados ou compostos orgânicos no solo (GONÇALVES, 1999).

A incineração do lodo do tratamento de efluentes pode ser utilizada para a geração de energia, o que proporciona tanto um destino mais nobre a estes resíduos, como vantagens econômicas quanto à aquisição de combustíveis. No entanto, diversos parâmetros referentes ao controle da combustão devem ser monitorados devido à formação de compostos poluentes durante a queima, tais como dioxinas e furanos, VOC's, NO_x , SO_2 e ácidos, que são importantes poluentes gasosos e líquidos de origem natural ou antropogênica, além das cinzas, principal poluente sólido. (SENA, 2005, p. 14).

De acordo com Sena (2005), para que a combustão dessa biomassa seja utilizada como uma energia ambientalmente correta, sua utilização envolve a pesquisa de condições seguras e de rotas alternativas para a disposição. Porém seu principal papel, além da destinação com maior valor agregado desses resíduos, é a redução do uso de outros combustíveis.

2.2 COMBUSTÃO

Conforme Hilsdorf et al. (2004 apud AZZOLINI, 2010), os principais elementos químicos encontrados na maioria dos combustíveis são o carbono, o hidrogênio, o oxigênio, o nitrogênio e o enxofre. Para que um material possa ser considerado industrialmente combustível, são necessários os seguintes requisitos técnicos e econômicos:

- a) facilidade de uso;
- b) não formação, durante a combustão, de substâncias tóxicas ou corrosivas;
- c) baixo custo de produção;
- d) segurança no armazenamento e no transporte.

Os produtos da combustão, também chamados de gases de combustão, são aqueles resultantes das reações que ocorrem durante o processo de combustão. Entre os diversos gases que podem ser formados estão: CO_2 , H_2O (vapor), SO_2 , SO_3 , CO , NO_x , entre outros. Na combustão de sólidos e líquidos, além de gases, também podem ser liberados materiais particulados, extremamente prejudiciais ao meio ambiente (HUMBERTO, 2004 apud AZZOLINI, 2010).

2.3 GASES DE COMBUSTÃO

De acordo com Garcia (2002), os poluentes possíveis de serem formados durante a quei-

ma de qualquer combustível orgânico são:

- a) Materiais particulados: são a denominação genérica que engloba a fumaça, fuligem e cinzas;
- b) Óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3): o enxofre nos combustíveis é um dos piores poluentes existentes, em razão da corrosão que causa, chuvas ácidas e problemas respiratórios;
- c) Monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO_2): são gases inodoros e sem cor, formados na combustão de qualquer material carbonoso. No caso do CO, é altamente venenoso e sua concentração depende muito da temperatura dos gases ou falta de ar na combustão; é o principal gás associado ao aquecimento global;
- d) Óxidos de nitrogênio (NO, NO_2 e NO_3): denominados genericamente de NO_x , são formados na queima de combustíveis a partir do nitrogênio do ar e dos combustíveis usados. Os inconvenientes dos óxidos de nitrogênio na atmosfera são vários, entre eles, as chuvas ácidas, corrosão em metais e a deterioração da camada de ozônio.

As quantidades destes poluentes depender naturalmente dos combustíveis usados, dos modelos dos equipamentos de queima, do seu estado de conservação e, das condições de operação destes equipamentos (GARCIA, 2002).

2.3.1 Parâmetros de emissões gasosas

Segundo Virmond (2007), os limites de emissão para poluentes originados de processos de combustão e/ou incineração em fontes estacionárias são estabelecidos em condições específicas (base seca, concentração referencial de oxigênio, potência térmica, período de emissão, entre outros).

A Resolução do Conama n. 316, de 29 de outubro de 2002, publicada no Diário Oficial da União n. 224, de 20 de novembro de 2002, dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos todo e qualquer processo cuja operação seja realizada acima da temperatura mínima de 800 °C, estabelecendo os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos. A Resolução do Conama n. 386, de 27 de dezembro de 2006, altera o artigo n. 18 da Resolução do Conama n. 316. A Tabela 1 mostra os parâmetros de emissões gasosas de acordo com a Resolução do Conama n. 316.

Tabela 1 – Parâmetros de emissões gasosas¹

Parâmetros	mg/Nm ³	ppm
Óxidos de nitrogênio (NO_x)	560	448
Óxidos de enxofre (SO_x)	280	224
Material particulado (MP)	70,0	56
Monóxido de carbono (CO)	125	100

Fonte: Brasil (2012).

2.4 PODER CALORÍFICO

O poder calorífico de um combustível é definido como a quantidade de calor despreendida

na sua queima completa, estequiometricamente. Caso esta quantidade de calor seja medida com a água gerada na queima na fase gasosa, o poder calorífico é chamado de Poder Calorífico Inferior (PCI), e caso a água gerada na combustão seja considerada na fase líquida, tem-se o Poder Calorífico Superior (PCS) (GARCIA, 2002).

De acordo com Sena (2005), para uma boa combustão, o combustível deve possuir baixos teores de umidade e cinzas, elevado teor de carbono fixo e de material volátil, além de alto Poder Calorífico Superior (PCS). Quanto maior o teor de C e H, melhor a combustão, enquanto altos teores de N e S poderão resultar em altos índices de emissões de NOX e SOX.

A Tabela 2 mostra alguns materiais e o PCI destes.

Tabela 2 – Poder calorífico inferior

Material	PCI (kcal/kg)
Cavaco (eucalipto)	4.300
Cavaco de pinho	2.500
Papel	4.200
Lascas de madeira	3.300
Cavaco (40% água)	2.100

Fonte: Aalborg (2012).

O poder calorífico em lodo bruto varia de 11-23 MJ/kgST em peso seco (depende do tipo de lodo e da concentração de sólidos voláteis). Em lodo digerido, o poder calorífico varia de 6-13 MJ/kgST (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento de dados e parâmetros de qualidade dos resíduos gerados pela empresa em estudo foi embasado em dados já existentes na própria empresa, bem como em resultados de análises realizadas em laboratórios externos, como a avaliação do processo, análises físico-químicas, biológicas e testes de secagem do lodo.

A coleta do lodo foi realizada na saída da centrífuga desaguadora, em pequenas quantidades, aproximadamente 100 g em um período de 24 horas intercalados em intervalos de quatro em quatro horas. As amostras coletadas foram homogeneizadas e encaminhadas ao laboratório para análises, de acordo com a metodologia descrita pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*.

O papel, o papelão e os paletes de madeira são resíduos que possuem características semelhantes às propriedades da madeira (cavaco), tanto na queima quanto nos gases de combustão, pois são materiais derivados da mesma matéria-prima, não tendo a necessidade de testes de queima e análises de emissões gasosas.

Mediante estes dados, calculou-se uma análise de custos de implantação de um sistema para a queima desses resíduos sem a necessidade de alterar suas características originais, como o lodo, que apresenta um teor de aproximadamente 80% de umidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Percebeu-se, ao longo deste estudo, a grande dificuldade da empresa de laticínios à destinação dos resíduos gerados, principalmente nas estações de tratamento de efluentes, no descarte de papel/papelão e nos paletes de madeira, necessitando de novas pesquisas e métodos eficazes para a sua utilização.

4.1 ANÁLISE DOS RESÍDUOS E VOLUMES GERADOS

Por utilizar o leite como a única matéria-prima e ser processado em grandes volumes, sendo este composto por uma grande quantidade de gordura e possuindo uma composição de diferentes produtos, o volume de lodo gerado do efluente tratado é consideravelmente grande em relação a outros resíduos; essas quantidades são mostradas na Tabela 3. Sabendo-se que os efluentes originários dos processos industriais em laticínios possuem capacidade de reagir e de provocar reações químicas, em decorrência das suas características e composições, o estudo foi direcionado basicamente ao lodo gerado no sistema de tratamento de efluentes.

Em relação aos demais elementos de estudo, paletes de madeira, que são de possível trituração e o papelão proveniente de embalagens de matéria-prima e insumos, podem ser utilizados como fonte de energia térmica, pois possuem semelhanças com a madeira, não exigindo maiores preocupações com emissão dos gases de combustão, mas com energia que poderá ser aproveitada por meio de suas queimas.

Tabela 3 – Quantidade de resíduos gerados na empresa

Material	Toneladas/mês	kg/h
Lodo	423,12	587,67
Papel/papelão	10,00	13,89
Paletes de madeira	150,00	208,33

Fonte: os autores.

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS E PARÂMETROS DE QUALIDADE DOS RESÍDUOS

A coleta do lodo bruto para análises físico-químicas e a determinação do seu poder calorífico superior foram realizadas na saída da centrífuga desaguadora. Na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos na caracterização físico-química do lodo.

Tabela 4 – Parâmetros físico-químicos do lodo/resultados

Parâmetros	Concentrações (mg.kg ⁻¹)
pH	4,71
DBO	5.200
DQO	19.800
Alumínio (Al ⁺³)	142
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	200
Nitrato (NO ₃ ⁻)	1.570
Nitrito (NO ₂ ⁻²)	20
Nitrogênio amoniacal (N-NH ₃)	1.705
Cianeto (CN ⁻)	3,5
Cobre total (Cu)	30
Ferro total (Fe)	70
Manganês (Mn ⁻²)	40
Cromo total (Cr)	22

Fonte: os autores.

Com a finalidade de avaliar a potencialidade do lodo como fonte de energia térmica, efetuou-se a determinação do poder calorífico de uma amostra, proveniente do sistema de tratamento de efluentes da empresa em estudo. A Tabela 5 mostra os resultados do poder calorífico do lodo, bem como, o poder calorífico do cavaco, mostrando a superioridade de 66,4% daquele em relação ao cavaco.

Tabela 5 – Poder calorífico do lodo e do cavaco

Amostra analisada	Poder calorífico (kCal/kg)	Poder calorífico (MJ/kg)	Umidade
Lodo	7.390	30,94	1,37%
Cavaco	4.909	20,55	8,94%

Fonte: os autores.

4.3 SECAGEM DO LODO

O teste de secagem do lodo foi realizado em um equipamento que utiliza os gases quentes provenientes da chaminé da caldeira, pelo método de desintegração.

Os testes de secagem do lodo em estudo não apresentaram resultados satisfatórios. No sistema de secagem, ao qual foi submetido, não se obteve sucesso, pois a massa de lodo originário de sistemas de tratamento de efluentes de indústrias de laticínio possui teores elevados de gorduras e estruturas com propriedades aglomerantes, impossibilitando que o equipamento desintegre esta massa em pequenas partículas, dificultando o arrastamento delas pelo fluxo de ar quente e se acumulando na parte inferior dos dutos.

Foram realizados vários testes de secagem, sendo um deles com mistura de materiais secos juntamente com a massa de lodo, a fim de se obter uma redução da umidade deste, mas, apresentou característica aglomerante, inviabilizando a sua secagem.

Existem outros métodos e equipamentos utilizados para a secagem de lodo, mas neste estudo não foram testados.

4.4 CAPACIDADE DE QUEIMA E GASES DE COMBUSTÃO

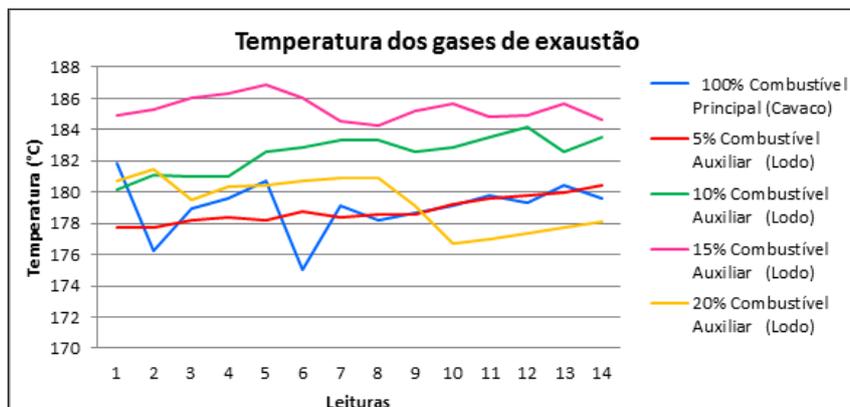
Os testes de queima do lodo úmido foram realizados em uma caldeira Flamo Tubular com capacidade de produção de 15 t/h de vapor, com grelha rotativa, em que o combustível principal atualmente utilizado é o cavaco, com teor de umidade de 38%. A queima do lodo foi realizada nesta caldeira apenas para testes de verificação dos gases gerados e do seu comportamento no processo de queima, não sendo recomendada pelo fabricante a queima de lodo nesse tipo de caldeira pelo fato da possível geração de incrustações e oxidações internas.

O lodo utilizado como combustível auxiliar para os testes de queima foi o da saída da centrífuga desaguadora, sendo um lodo úmido, com teor de umidade médio de 80%, acrescentado juntamente com o combustível principal (cavaco) nas proporções de 5, 10, 15 e 20% em peso de lodo, em um período de dosagem de 30 minutos e interrompida a dosagem até a estabilização dos parâmetros em um período de 60 minutos, com avaliação dos parâmetros de gases de combustão como: O_2 , CO , CO_2 , SO_x e NO_x , aferidos por um aparelho analisador de gases modelo TESTO 350-XL, nos dutos da saída da caldeira (chaminé), segundo a Norma Brasileira NBR 10702.

O início das medições dos gases de combustão foi realizado com a caldeira operando com 100% do combustível principal (cavaco), seguido dos testes de dosagem de combustível auxiliar (lodo). Como a caldeira trabalha em um regime intermitente/oscilatório e em modo de operação *On/Off*, as medições dos gases de combustão foram realizadas somente nos períodos em que a caldeira atingisse estabilidade e equilíbrio de queima, com o damper de exaustão aberto (regimes de carga).

Os resultados das medições obtidas estão apresentados nos Gráficos 1, 2, 3 e 4, sendo estes corrigidos para o percentual de 8% de O_2 nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP).

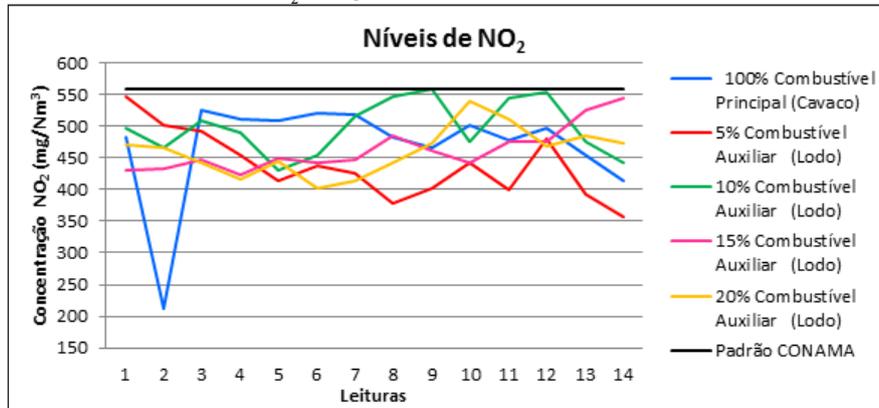
Observa-se, no Gráfico 1, que a temperatura dos gases de exaustão medidos na chaminé da caldeira apresentou uma variação na média de 6,6 °C, entre as médias máxima e mínima aferidas, sendo os níveis mais altos aferidos com a dosagem de 15% em peso de lodo com o combustível principal (cavaco).



Fonte: os autores.

As concentrações de óxidos de nitrogênio (NO_x) foram medidas em termos de NO e de NO_2 , mas expressas como NO_2 para a comparação aos padrões de emissões estabelecidos para esse poluente. Referente aos níveis de concentração de NO_2 , o Gráfico 2 mostra que permaneceram abaixo dos padrões máximos permitidos e estabelecidos pela resolução do Conama n. 316/02, de 560 mg/Nm^3 .

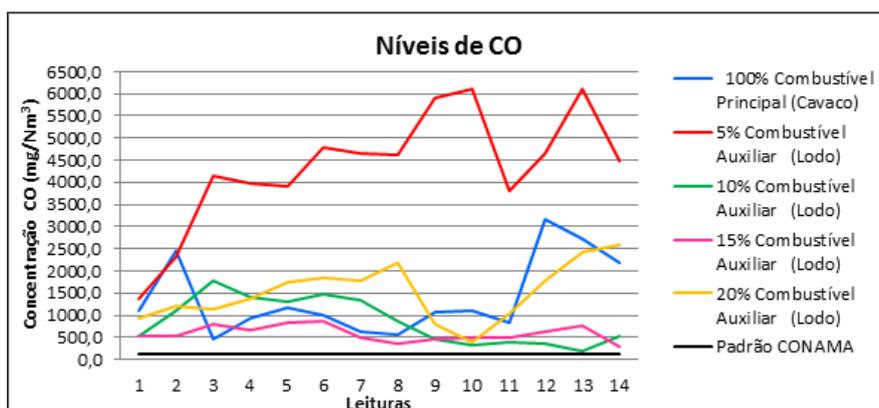
Gráfico 2 – Níveis de NO_2 dos gases de combustão.



Fonte: os autores.

O monóxido de carbono (CO) se forma pela oxidação parcial do carbono, ocasionado pela baixa eficiência da combustão. Grandes concentrações de CO implicam combustível não queimado, combustão incompleta, isto é, queima ineficiente na fornalha. Um dos fatores responsáveis é o alto teor de umidade presente nos combustíveis utilizados (cavaco, lodo, etc.). Na dosagem de 15% de combustível auxiliar (lodo), as concentrações de CO apresentaram os menores níveis, porém, estes se encontram fora dos padrões de lançamento, conforme mostra o Gráfico 3.

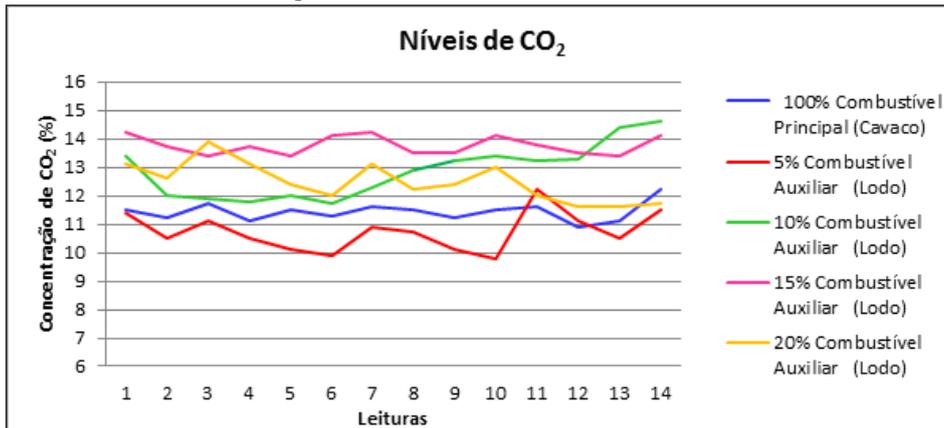
Gráfico 3 – Níveis de CO dos gases de combustão



Fonte: os autores.

O teor de CO_2 expressa uma medida útil do rendimento da combustão de um determinado combustível; este será máximo quando a relação entre o ar e o combustível for estequiométrica, isto é, máxima eficiência de queima. O Gráfico 4 demonstra os níveis de CO_2 aferidos nos testes realizados.

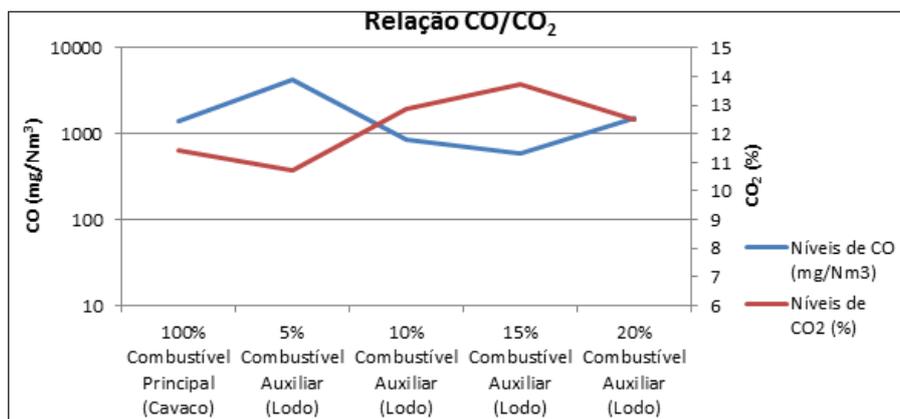
Gráfico 4 – Níveis de CO₂ dos gases de combustão



Fonte: os autores.

Pode-se visualizar, no Gráfico 5, a relação entre os parâmetros de CO e de CO₂, que estão diretamente ligados à eficiência de queima do combustível utilizado, mesmo em se tratando de dosagens de combustível auxiliar (lodo), em que os melhores resultados, ficaram em 15%.

Gráfico 5 – Relação entre as médias dos Níveis de CO e de CO₂ dos gases de combustão



Fonte: os autores.

É importante salientar que, em razão da caldeira operar em regime intermitente/oscilatório e o combustível principal apresentar diversidade em sua granulometria e teor de umidade, as variações dos resultados dos gases de combustão não, são, necessariamente, em razão do incremento ou alteração na concentração do combustível auxiliar (lodo), mas também da característica variada do combustível principal e do sistema da caldeira não ser automatizado, favorecendo, assim, maior perturbação e instabilidade na queima dos combustíveis na fornalha da caldeira.

Conforme observado nos Gráficos 1, 2, 3 e 4, as medições realizadas mostram uma distinta alteração dos valores médios em relação às dosagens de combustível auxiliar (lodo); os parâmetros de SO₂ aferidos apresentaram-se sempre nulos, em razão das concentrações de sulfato presentes nele.

4.5 ANÁLISES DE CUSTO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO

De acordo com indicadores de disposição e volumes de resíduos gerados, o lodo proveniente do sistema de tratamento de efluentes da empresa de laticínios atualmente tem seu destino final terceirizado, gerando um alto custo mensal, em torno de R\$ 50.000,00/mês. Em razão disso e de seu poder calorífico, a alternativa sugerida para minimizar os custos e reduzir o volume de combustível (cavaco), é de aproveitar os resíduos sólidos como fonte de energia térmica na geração de vapor.

A Tabela 6 mostra o volume de resíduos disponíveis e a energia que estes acumulam.

Tabela 6 – Dados gerais dos resíduos gerados

Material	Disponibilidade (kg/h)	PCI (kcal/kg)	Umidade Relativa	Quantidade de calor (kcal/h)
Lodo (ETE)	587,67	1.020	80%	599.423,4
Paletes de madeira	208,33	3.300	-	687.489,0
Papelão/papel	13,89	4.200	-	58.338,0
Total				1.345.250,4

Nota: utilizado para o cálculo da Quantidade de calor (Q) ($Q = PCI \times v$) em que v é o volume disponível de combustível. Fonte: os autores.

Com um consumo de cavaco atualmente de 90 t/dia (3.750 kg/h), e contendo um teor de umidade em média de 38%, este, considerando um PCI de 2.100 kcal/kg, gera uma quantidade de calor de 7.875.000 kcal/h.

Considerando a utilização de todos estes resíduos como combustíveis auxiliares e a quantidade de energia gerada, sendo o lodo utilizado em uma proporção de 7,62%, os paletes triturados de 8,73% e papelão de 0,75% em relação ao consumo total de cavaco, esta energia equivale a 17,1%, com uma redução de 15,37 t/dia de economia de cavaco. O volume de lodo utilizado é na proporção de 15,7% em peso quanto ao cavaco.

Como o custo do cavaco é de R\$ 55,00/tonelada, a Tabela 7 mostra a economia gerada mensalmente e anualmente.

Tabela 7 – Economia com a utilização de resíduos

Economia	Mensal	Anual
Cavaco (15,37 t/dia)	R\$ 25.360,50	R\$ 304.326,00
Destinação do lodo	R\$ 50.000,00	R\$ 600.000,00
Total	R\$ 75.360,50	R\$ 904.326,00

Fonte: os autores.

O custo de implantação de uma nova caldeira, substituindo a caldeira existente com capacidade de produção de 15 t/h de vapor, e possuindo esta características para a queima de resíduos e combustíveis com teores de umidade mais elevados, como o lodo, com um valor estimado de R\$ 2.200.000,00, incluídos os custos de instalação e automação, segue a análise de retorno do investimento.

Tabela 8 – Retorno de investimento

Tempo de retorno do investimento		
Investimento inicial para implantação de nova caldeira	2.200.000,00	29,2 meses
Resultado operacional mensal	75.360,50	

Fonte: os autores.

5 CONCLUSÃO

Atualmente vivencia-se um momento em que a indústria de laticínio vem apoiando novas ideias para o aproveitamento de resíduos sólidos e o aperfeiçoamento de técnicas de tratamento de efluentes, objetivando o aproveitamento destes como fonte de energia térmica, buscando alternativas para a proteção do meio ambiente.

Mediante os testes realizados, constatou-se que o lodo gerado nas ETEs de laticínios apresenta grandes concentrações de gorduras e, por isso, algumas restrições surgem quanto aos métodos para a sua utilização, manuseio e destinação. Nos testes realizados de secagem pelo método de desintegração com injeção de ar quente, observou-se a ineficiência do processo em razão das características do lodo, que impossibilitaram a obtenção de resultados sobre a viabilidade de secagem para o método utilizado. Cabe mencionar que, neste estudo, observou-se apenas o método de secagem por desintegração das partículas por meio do uso dos gases quentes das chaminés das caldeiras, o qual se mostrou inviável. Dessa forma, sugere-se, para futuras pesquisas, testes com outros métodos de secagem.

Por meio dessas informações e juntamente com os parâmetros de emissões gasosas estabelecidos pela legislação vigente, foram realizados os testes de queima do lodo úmido e análises dos gases de combustão emitidos, em que foi constatado nos resultados que, entre os níveis de temperatura e gases de combustão como CO, O₂, CO₂, NO_x e SO_x, chega-se aos melhores resultados com uma dosagem de 15% de combustível auxiliar (lodo), com menores índices de poluição atmosférica e um aumento da potência térmica nominal do sistema, e, dessa forma, verificou-se a viabilidade de queima deste sem a necessidade de secagem.

Assim, os resíduos apresentam grande potencial de queima para a geração de energia térmica, juntamente com a dosagem de 15,7% em peso de lodo, sendo o lodo utilizado em uma proporção de 7,62%, os paletes triturados de 8,73% e o papelão de 0,75%. Em relação à quantidade de calor gerada, os resultados foram satisfatórios e viáveis, trazendo uma economia anual de R\$ 904.326,00, equivalente a um volume de cavaco de 15,37 t/dia.

Como todo estudo realizado, abrem-se novas possibilidades de pesquisas, na busca de diferentes alternativas de processos ou aperfeiçoamento de técnicas já existentes. Desse modo, deve-se sempre almejar uma coerência entre uma produção com baixo custo e as responsabilidades social e ambiental.

Abstract

This study was developed in a dairy company in the Midwest Region of the State of Santa Catarina. The purpose was the development of viability analysis of utilization of residues which are created by the dairy company, such as cardboard, triturated wood pallets and mainly the mud which is originated from the wastewater treatment system, as auxiliary fuels, the effect to minimize the consumption of primary fuel (a chip of wood), used in boiler, as well as reduce the environmental impacts and the costs, through the reuse in own industry as an alternative source of thermal energy. The main focus of the study was the viability of burning green mud from the Treatment Plant Effluent dairy, with average humidity of 80% and without previous drying, along with triturated wood pallets and cardboard from packaging of raw materials and supplies. Through the results and considering their residues with high burning potential for thermal power generation, it is concluded that the dosage of 15,7wt% mud, taking into account the levels of the evaluated parameters with lower levels of air pollution and an increase of the rated thermal input system, together with the waste cardboard and shredded pallets, brings annual savings of R\$ 904.326,00, equivalent to a volume of 15,37 ton/day. Therefore, the present study has found out that the reuse of solid waste generated in dairy to thermal power generation is viable, as well as provide an economic return through the reduction of consumption of a chip of wood, also brings benefits to the company, the society and the environment.

Keywords: Solid waste. Mud. Burning. Economic viability.

Nota explicativa

¹ Condições de medições nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP = 1 atm e 0°C) corrigidas a 8% de O₂.

REFERÊNCIAS

AALBORG INDUSTRIES. Disponível em: <<http://www.aalborg-industries.com.br/downloads/poder-calorifico-inf.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2012.

ANDREOLI, Cleverson V.; VON SPERLING, Marcos; FERNANDES, Fernando. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2001. 484 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: 2004**. Resíduos Sólidos - Classificação. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

AZZOLINI, José Carlos; ZARDO, Felipe. **Tratamento de Águas**. Joaçaba, 2010. 156 p. Apostila.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 316, de 29 de outubro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 nov. 2002. Seção 1, p. 92-95. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=338>>. Acesso em: 05 ago. 2012.

GARCIA, Roberto. **Combustíveis e Combustão Industrial**. Rio de Janeiro: Interciências, 2002.

GONÇALVES, Ricardo Franci et al. **Gerenciamento do Lodo de Lagoas de Estabilização não Mecanizadas**. Rio de Janeiro: PROSAB, RJ, 1999.

MAGANHA, Martha Faria Bérnils. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Produtos Lácteos**. São Paulo: CETESB, 2006. 95 p. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/ambiente/produtos_servicos/downloads/p+1_laticinio.pdf>. Acesso em: 22 maio. 2012.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/downloadtextoet000017.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

RICHTER, Carlos A. **Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 102 p.

SENA, Rênio Félix de. **Avaliação da Biomassa Obtida pela Otimização da Flotação de Efluentes da Indústria de Carnes para Geração de Energia**. 2005. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/m134.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2012.

VIRMOND, Elaine. **Aproveitamento do Lodo de Tratamento Primário de Efluentes de um Frigorífico como Fonte de Energia**. 2007. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/882854/1/DISSERTACAOELAINEVIRMOND.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2012.