

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE BARBI MARCON

AVALIAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE
GASES DE EFEITO ESTUFA A PARTIR DA RECICLAGEM DE PAPEL KRAFT
EM EMBALAGENS DE CIMENTO E SIMILARES

CURITIBA 2017

FELIPE BARBI MARCON

AVALIAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE
GASES DE EFEITO ESTUFA A PARTIR DA RECICLAGEM DE PAPEL KRAFT
EM EMBALAGENS DE CIMENTO E SIMILARES

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.

Orientador: prof. José de Almendra Freitas Junior

CURITIBA 2017

AGRADECIMENTO

A minha esposa, Ana Carolina, e meu filho, Bento, por toda paciência, amor e carinho.

Aos professores do Curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono, da Universidade Federal do Paraná.

O agradecimento especial ao meu orientador Professor José de A. Freitas Junior que me orientou e esteve presente na elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso.

E aos colegas de turma e tutores que ajudaram de alguma forma.

AVALIAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE
GASES DE EFEITO ESTUFA A PARTIR DA RECICLAGEM DE PAPEL KRAFT
EM EMBALAGENS DE CIMENTO E SIMILARES

Felipe Barbi Marcon¹

Orientador: prof. José de Almendra Freitas Junior

¹ Engenheiro de Produção Mecânica, CREA 5063803199,
felipe@recigreen.com.br

Centro Universitário Nossa Senhora Patrocínio – CEUNSP

RESUMO

O setor da construção civil, um dos mais poluentes do mundo, gera resíduos que nem sempre podem ser reciclados. Um desses materiais são as embalagens dos sacos de cimentos, argamassa, cal e gesso, produzidos com papel *kraft* multifoliados utilizados tão largamente pelo setor. O papel *kraft*, que é utilizado nas embalagens de sacos é considerado nobre por conter 100% de fibras virgens provenientes de pinus e eucaliptos. No entanto, apesar do seu enorme potencial para reciclagem, são descartados por ano, mais de 750 milhões de sacos utilizados ou mais de 100 mil toneladas de papel *kraft* em todo o Brasil. Os processos de reciclagem não são aplicados a estes materiais devido às impurezas presentes. Para a natureza esse é um grande problema, pois os resíduos contidos nos sacos contaminam a água e o solo, trazendo um grave prejuízo ambiental. Esta pesquisa descreve a eficiência do processo de limpeza para reciclagem de papel *kraft* nas embalagens tipo saco de cimento e similares e avaliou as oportunidades da redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) a partir da reciclagem dos sacos produzidos com papel *kraft* pós-consumo. Concluindo que a reciclagem deste material evita novas emissões de produção e também as emissões de decomposição do papel descartado.

Palavra chave: *Kraft*, Construção Sustentável, Meio Ambiente, Reciclagem, Resíduo, Construção Civil, Saco de Cimento.

ABSTRACT

The construction sector, one of the most polluting in the world, generates waste that cannot always be recycled. One of these materials is the packaging of bags made of cement, mortar, lime and plaster, produced with multifarious *kraft* paper used so widely by the industry. The kraft paper, which is used in the packaging of bags, is considered noble because it contains 100% virgin fibers from pine and eucalyptus. However, despite their enormous potential for recycling, they are discarded per year, more than 750 million bags used or more than 100 thousand tons of kraft paper in Brazil. Recycling processes are not applied to these materials due to impurities present. For nature this is a big problem, because the residues contained in the bags contaminate the water and the soil, causing a serious environmental damage. This research describes the efficiency of the cleaning process for recycling kraft paper in cement bag and similar packages and evaluated the opportunities of reducing greenhouse gas emissions (GHG) from the recycling of the bags produced with post-consumption. Concluding that recycling of this material avoids new production emissions and also emissions of decomposition of discarded paper.

Keyword: Kraft, Sustainable Building, Environment, Recycling, Waste, Construction, Cement Bag.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Os principais mercados voluntários de carbono e suas respectivas contribuições _____	18
Figura 2 - Representação Esquemática dos Processos Logístico Direto e Reverso _____	20
Figura 3 - Desfragmentação do papel _____	23
Figura 4 - Quebra da fibra do papel, ainda contaminado _____	23
Figura 5 - Trituração e limpeza do papel _____	24
Figura 6 - Saída do resíduo de papel descontaminado _____	24
Figura 7 - Resíduos de produtos sendo aspirados _____	25
Figura 8 - Coleta de pó (resíduos) _____	25
Figura 9 – Etapas do processo _____	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo	11
1.1.1 Objetivos Geral	11
1.1.1 Objetivos Específicos	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Resíduos da Construção Civil	13
2.2 Caracterizações dos Resíduos da Construção Civil	14
2.2.1 Resolução 307 do CONAMA	14
2.2.2 Norma ABNT NBR 10.004 de 2004	15
2.3 Reciclagem de papel e papel <i>kraft</i>	16
2.4 Mercados de Carbono	17
2.5 Logística Reversa	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 Método Aplicado	21
3.2 Materiais	21
3.3 Resultados Obtidos	22
3.3.1 Avaliações dos benefícios ambientais	26
3.3.2. Verificações da qualidade do papel no processo	28
4. RESULTADOS	29

5. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
ANEXOS	35

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o crescimento populacional vem aumentando consideravelmente, e o consumo descontrolado tende a desperdícios e consumo excessivo. A maioria dos produtos é embalada com papel, plástico, vidro, metais entre outras, e essas embalagens após o consumo são descartadas e este descarte quando irregular compromete na sustentabilidade. A logística reversa é um grande desafio para as empresas, como dar a destinação correta para as embalagens. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

Os gases de efeito estufa gerados nas atividades de gestão de resíduos sólidos são o metano (CH_4), o dióxido de carbono (CO_2) e o óxido nitroso (N_2O), esses agregados de gases contribuem para as mudanças climáticas (Gentil, Christensen e Aoustin, 2009). Essas emissões ocorrem tanto na aquisição da matéria prima virgem como no preparo dos produtos. Vale ressaltar que o consumo de combustível fóssil é maior na extração de recursos naturais virgens e na manufatura quando não ocorre a reciclagem dos materiais. As emissões ocorrem na deposição em aterro e principalmente na incineração, além da compostagem e da reciclagem. A maior parte das emissões diretas é aquela de CH_4 e CO_2 resultante da deposição em aterro de recursos biodegradáveis. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

Além dos benefícios ambientais, a reciclagem promove benefícios sócio-econômicos, tais como, geração de emprego, diminuição de descarte em aterros, valorização dos materiais para reciclagem, reutilização do material no processo industrial e logística reversa do material. O carácter social da cadeia de reciclagem valoriza o trabalho dos catadores informais e das cooperativas, gerando oportunidades e contribuindo para a sociedade. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

Os governos municipais em países de baixa e média renda integram as políticas sociais e de geração de renda. E o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um instrumento financeiro formulado pela Convenção das Nações Unidas sobre Mudança Climáticas (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC).

O autor com mais de 20 anos de conhecimento no setor de indústria gráfica, teve o conhecimento que embalagens de saco de cimento, argamassa, cal e gesso não eram destinados para reciclagem, pois os resíduos comprometiam o processo. Graduado em Engenharia de Produção, desenvolveu um processo que retira os resíduos das embalagens possibilitando a reciclagem.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar as oportunidades de redução de emissão de gases de efeito estufa a partir da reciclagem de papel *kraft* em embalagens de cimento e similares.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estimar a produção e do consumo de sacos de cimento, argamassa, cal e gesso no mercado e seu descarte.
- Descrever o processo de limpeza para reciclagem de papel *kraft* em embalagens tipo saco de cimento e similares.
- Apresentar os cálculos com a reciclagem de papel *kraft* nas embalagens tipo saco de cimento e similares.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os sacos de cimento, argamassa, cal e gesso são embalados com papel *kraft* multifoliados, composto de uma ou mais camadas. Este papel possui fibras longas o que confere a esta embalagem alta resistência ao rasgo. Os sacos de papel *kraft* são os mais utilizados para ensaque por diversas razões, sendo a principal delas a resistência a altas temperaturas e por ser o único que permite o enchimento do material ainda bastante aquecido, como é o caso da fabricação do cimento, os quais são embalados em alta temperatura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA CIMENTO PORTLAND, 2017).

Reciclagem é um conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais descartados e reutilizado no ciclo produtivo, possibilitando a redução do consumo de matérias-primas para fabricação de novos materiais e ou produtos, a redução do consumo de energia e água, diminui também o volume dos materiais descartados nos aterros ou lixões e gera emprego para milhares de pessoas. Assim, a reciclagem contribui consideravelmente na diminuição de emissão de gases do efeito estufa (GEE) (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos exige uma solução de logística reversa para todos os setores industriais do país e na construção civil não é diferente. Vários resíduos deste setor tem difícil solução para logística reversa como no caso dos sacos de cimento, que após seu uso não são reciclados pela indústria de reciclagem de papel, por estarem contaminados de impurezas dos resíduos. Como a quantidade de sacos de cimento consumidos no país é grande, e as indústrias de papel, cimenteiras, construtoras e home-centers buscam soluções adequadas para o descarte ecologicamente correto dessas embalagens. Algumas soluções foram apresentadas para o tratamento e reciclagem destas embalagens com resíduos gerados na construção civil, mas muitas delas não são adequadas para a indústria de papel (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

A indústria de papel estabelece procedimentos para especificação, recebimento e controle de qualidade de aparas de sacos de papel multifoliados pós-consumo. Os materiais impróprios são definidos como materiais proibitivos

e/ou impurezas, cuja presença em quantidade acima da especificada torna o lote em que estão contidos não utilizáveis para a fabricação específica de um determinado tipo de papel. Por impurezas entendem-se as contaminações com metal, plástico, vidro, pedra, areia, clipes, isopor, trapo, madeira, barbante, entre outros que não podem ser transformados em papéis e que podem comprometer o processo de produção. Assim as aparas pós-consumo de sacos multifoliados tem a especificação de teor máximo de umidade, de 15,0%; Teor máximo de impurezas (inclusive cimento, cal, gesso), 5,0%; E teor máximo de proibitivos, 2,0%. (Anexo I, Klabin, Especificação – Aparas de Sacos de Papel Multifoliados Pós Consumo, 2017).

2.1 Resíduos da Construção Civil

O principal impacto no setor de construção é a geração de Resíduos da Construção Civil (RCC) principalmente pela grande quantidade e a falta de descarte correto, dependendo de local apropriado. De maneira geral a massa de resíduos da construção nas cidades é igual ou maior que a massa de resíduo domiciliar (PINTO, 1999).

A estimativa de geração de Resíduos de Construção Civil varia de acordo com o país, conforme o Quadro 1 de John e Agopyan (2000).

Na fase de construção a geração de resíduos é decorrente de perdas no processo construtivo (John e Agopyan, 2000). Uma pesquisa na construção formal foi realizada no Brasil, financiada pelo Programa de tecnologia da Habitação - HABITARE, este programa foi criado para financiar projetos e buscam soluções habitacionais para a população de baixa renda, contou com a participação de 18 universidades e 52 empresas (Agopyan, et al, 1998). O quadro 1 resume alguns resultados obtidos pela pesquisa. A principal revelação é a grande variação das perdas nos canteiros de obra das empresas que usam a mesma tecnologia. Há uma perda de materiais básicos bastante acentuados. No caso do cimento o valor mínimo foi de 6% e o máximo 638%, esta diferença pode ser explicada pelo desempenho de desperdício em cada obra.

Quadro 1 – Materiais básicos: perdas na obra detectadas por esta pesquisa (FINEP/ITQC/PCC) e por outras fontes.

Materiais básicos	PINTO (1989)	SOIBELMAN (1993)	FINEP / ITQC / PCC				
			Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	n (%)
Areia	39	44	76	44	7	311	28
Saibro	-	-	182	174	134	247	4
Cimento	33	83	95	56	6	638	44
Pedra	-	-	75	38	9	294	6
Cal	-	-	97	36	6	638	12

Fonte: Pinto (1989), Soibelman (1993), FINEP/ITQC/PCC

2.2 Caracterização dos Resíduos da Construção Civil

2.2.1 Resolução 307 do CONAMA

A Resolução 307 do CONAMA (BRASIL, 2002), direciona para o RCC auxiliando no gerenciamento dos resíduos, a resolução também define a forma de destinação de cada classe, como mostra no quadro 2.

Quadro 2 – Resolução 307 do CONAMA

Classe	Descrição	Exemplo	Forma de Destinação
A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	Tais como concreto, argamassa, componentes cerâmicos e solos (terraplanagem) produzidas no canteiro de obras.	Deverão ser reutilizados ou reciclados como agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, dispostos a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
B	São os resíduos recicláveis para outras destinações.	Plástico, madeira, papel, papelão, metais, vidro entre outros.	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
C	São resíduos que não foram desenvolvidas tecnologias economicamente viáveis que permitam a reciclagem, ou recuperação.	Produtos oriundos do gesso, sacarias contaminadas.	Deverão ser armazenadas, transportadas e destinadas em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	São resíduos perigosos, utilizados no processo da construção civil.	Tintas, solventes, óleos e outros, e/ou contaminados, de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Ministério do Meio Ambiente

2.2.2 Norma ABNT NBR 10.004 de 2004

A norma classifica os resíduos quanto aos seus riscos ao meio ambiente e a saúde pública. Os resíduos sólidos podem estar em estado sólido e semissólido oriundos das atividades industriais, domésticas, agrícolas entre outras. São classificados como mostra no quadro abaixo.

Quadro 3 – Norma ABNT NBR 10.004 de 2004

Classificação	Tipo de Resíduos
CLASSE I Resíduos Perigosos	Indústria Química, Indústria Farmacêutica, Explosivo, Combustível, Radiativo, Hospitalar Patogênico
CLASSE II A Resíduos Não Inertes	Domiciliar, Indústria Degradável, Indústria Orgânico
CLASSE II B Resíduos Inertes	Entulhos, Resíduos de Demolição, Areia, Pedras

Fonte: Ministério do Meio Ambiente

O saco de cimento disposto em local e de forma inadequadas possui uma capacidade de impacto para o solo e para os lençóis freáticos, transformando-se em fonte geradora do resíduo, estando assim apta a ser penalidades por órgão ambientais, uma vez que a disposição correta está prevista em legislação especial (RESOLUÇÃO CONAMA 307/02, Art. 3º - § 1º) Sabe-se que os resíduos da construção civil não podem ser descartados em aterros para resíduos domiciliares, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. Assim, os sacos de cimento, normalmente, são queimados ou dispostos como lixo domiciliar, gerando o descarte incorreto, causando impactos ambientais, tanto pelas cinzas, quanto pelos restos de cimento que ficam presos ao saco.

2.3 Reciclagem de papel e papel *kraft*.

Os benefícios ambientais da reciclagem de papel e papel *kraft* provenientes de sacos de cimento e similares são enormes, quanto mais papel recicla, menos árvores são cortadas. Existe uma vantagem na reciclagem deste material, já que os sacos de cimentos e similares são produzidos de fibras naturais ou papeis primários.

Além dos ganhos ambientais com a reciclagem dos sacos de cimentos e similares, as oportunidades de redução de emissões de gases de efeito estufa ocorrem no sentido de evitar a destinação e tratamento do resíduo em aterro.

King e Gutberlet (2013) defendem que a emissão de CO₂ pela geração e consumo de energia são menores pelo uso de recursos recicláveis. Papel e papelão que não são destinados a lixões e aterros evitam a emissão de CH₄. Assim, os usos de recursos reciclados conservam a matéria-prima virgem, com menor necessidade de energia e combustíveis fósseis.

Subak e Craighill (1999) avaliaram o setor de papel e celulose no mundo, desde a retirada de madeira da floresta até a disposição final em aterros e concluíram que globalmente o setor emite cerca de 460 milhões de toneladas de CO₂. O estudo identificou que as principais fontes de emissão de GEE no ciclo do papel eram o uso de energia e a disposição final em aterros.

Outro estudo realizado pelo instituto de pesquisa sueco Inventionia, que analisa regularmente a pegada de carbono de toda a cadeia de suprimentos da indústria europeia de sacos de papel em nome da EUROSAC e da *CEPI Euro kraft*, mostrou que entre 2007 e 2012 o setor industrial melhorou significativamente a sua pegada de carbono. A intensidade de carbono na produção de uma tonelada de papel *kraft* médio europeu foi otimizada em 17% entre 2007 e 2012, reduzindo de 570 kg de CO₂ para 471 kg CO₂. (CO₂ é um índice internacionalmente aceito que expressa a quantidade de gases de efeito estufa GEE, em termos equivalentes da quantidade de dióxido de carbono CO₂. A equivalência leva em conta o potencial de aquecimento global dos

gases envolvidos e calcula quanto de CO₂ seria emitido se todos os GEEs fossem emitidos como esse gás). As emissões durante a produção de papel *kraft* representam 60% da pegada de carbono total para cada saco de papel individual. Durante as etapas subsequentes da produção desde o berço até o portão da fábrica, as emissões de CO₂ por saco de papel foram reduzidas de 118 g de CO₂ para 99 g de CO₂. Isso corresponde a uma diminuição de 16%, que, entre outros fatores, deve-se ao fato de que o peso de cada saco individual foi reduzido graças à melhoria da qualidade do papel. Tomar em consideração as emissões de fim de vida e os benefícios decorrentes evitadas devido a atividades de recuperação e gerenciamento de resíduos reduz a pegada de carbono por saco de papel europeu médio para 70 g de CO₂ (em vez de 99 g de CO₂) (RISI Technology Channels, 2015).

2.4 Mercados de Carbono

O mercado de carbono é um instrumento com perspectiva comercial e ecológica, desenvolvido como uma forma de incentivo para o cumprimento das regras de redução de emissão dos chamados gases de efeito estufa, estabelecidas pelo Protocolo de Quioto.

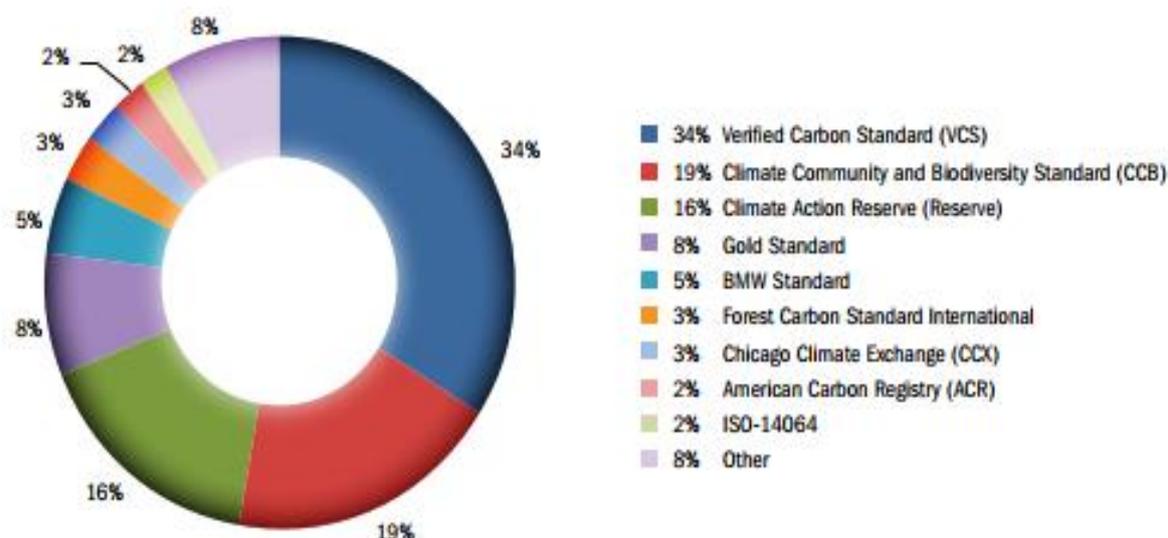
O objetivo, de modo geral, do mercado de carbono é estabelecer uma medida comercial, com o crédito de carbono que pode ser vendido para países emissores de gases de efeito estufa como forma de compensar sua emissão irregular.

Cada tonelada de CO₂ não emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento pode ser negociada no mercado mundial. O mercado de créditos de carbono surgiu a partir do Protocolo de Quioto, acordo internacional que estabeleceu que os países desenvolvidos deveriam reduzir, entre 2008 e 2012, suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) 5,2% em média, em relação aos níveis medidos em 1990. Este protocolo criou o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que prevê a redução certificada das emissões. Uma vez conquistada essa certificação tem direito a créditos de carbono e pode comercializá-los com os países que têm metas a cumprir (GOVERNO DO BRASIL, 2012).

A ideia do MDL é que cada tonelada de CO₂ não emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento possa ser negociada no mercado mundial por meio de Certificados de Emissões Reduzidas (CER). As nações que não conseguirem (ou não desejarem) reduzir suas emissões poderão comprar os CER de países em desenvolvimento e usá-los para cumprir suas obrigações (GOVERNO DO BRASIL, 2012).

O mercado de carbono voluntário surgiu de forma paralela ao protocolo, com as Reduções Voluntárias de Emissões (VERs em inglês). Nele, qualquer empresa, pessoa, ONG ou governo pode gerar ou comprar créditos de carbono voluntários. Esses créditos, também são auditados por uma entidade independente, mas não estão sujeitos a registros da ONU e por isso não valem como meta de redução para os países que fazem parte do acordo internacional.

As principais plataformas do mercado voluntário de carbono são: “Verified Carbon Standard” (VCS – antes conhecido como “Voluntary Carbon Standard”, “Gold Standard” (GS), e “American Carbon Registry” (ACR). Na Figura 1 a seguir apresenta as principais plataformas (ABRELPE, 2013)



Fonte: FOREST – TRENDS, 2011

Figura 1 - Os principais mercados voluntários de carbono e suas respectivas contribuições.

Uma tonelada de CO₂ corresponde a um crédito de carbono. O CO₂ é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas do GEE pelo seu potencial de aquecimento global que foi estipulado como 1. O potencial de aquecimento global do gás metano é 21 vezes maior do que o potencial do CO₂, portanto o CO₂ equivalente do metano é igual a 21. Portanto, uma tonelada de metano reduzida corresponde a 21 créditos de carbono (GOVERNO DO BRASIL, 2012).

Potencial de aquecimento global dos GEE:

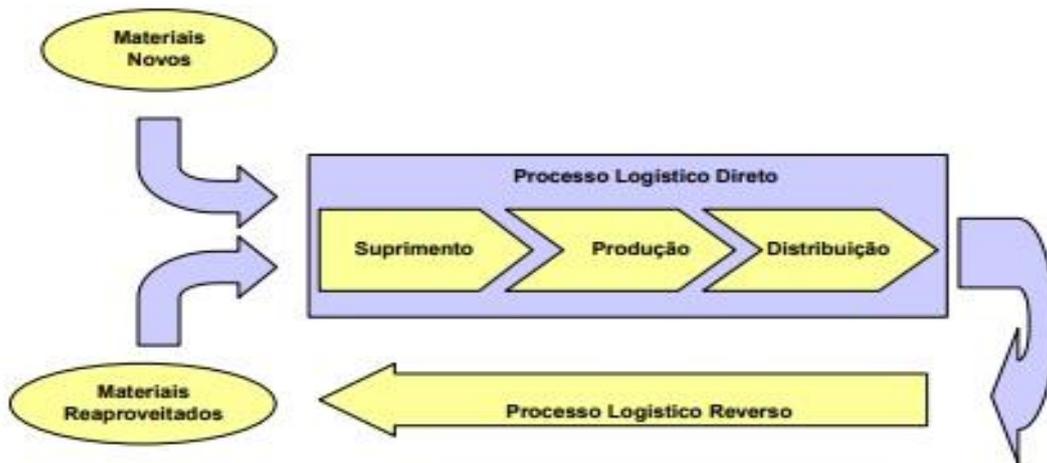
- CO₂ - Dióxido de Carbono = 1
- CH₄ - Metano = 21
- N₂O - Óxido nitroso = 310
- HFCs - Hidrofluorcarbonetos = 140 ~ 11700
- PFCs - Perfluorcarbonetos = 6500 ~ 9200
- SF₆ - Hexafluoreto de enxofre = 23900

2.5 Logística Reversa

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305, de 2/8/2010), a logística reversa é um “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”. Esta logística reversa começou a vigorar em 2015 em todo o país.

Podemos definir logística reversa como sendo o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados (e seu fluxo de informação) do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado. (LACERDA, 2002)

A Figura 2 abaixo mostra o Processo Logístico Direto e o Processo Logístico Reverso, reaproveitando os materiais para assim novamente passar pelo processo inicial.



Fonte: LACERDA, 2002

Figura 2 - Representação Esquemática dos Processos Logísticos Direto e Reverso.

Segundo LACERDA, as vantagens da logística reversa são:

- Retorno dos resíduos sólidos para as empresas, evitando que eles possam poluir ou contaminar o meio ambiente (solo, rios, mares, florestas, etc.);
- Permite economia nos processos produtivos das empresas, uma vez que estes resíduos entram novamente na cadeia produtiva, diminuindo o consumo de matérias-primas;
- Cria um sistema de responsabilidade compartilhada para o destino dos resíduos sólidos. Governos, empresas e consumidores passam a ser responsável pela coleta seletiva, separação, descarte e destino dos resíduos sólidos (principalmente recicláveis);
- As indústrias passarão a usar tecnologias mais limpas e, para facilitar a reutilização, criarão embalagens e produtos que sejam mais facilmente reciclados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Método Aplicado

A pesquisa foi um estudo de caso aplicado para os sacos de papel *kraft* utilizados no acondicionamento de cimento, argamassa, cal e gesso. Este estudo foi dividido em três fases complementares.

A primeira fase é caracterizada por um levantamento da produção e consumo de sacos de cimento, argamassa, cal e gesso pós-consumo no mercado brasileiro, e o seu descarte.

A segunda foi desenvolver um processo de limpeza para possibilidade a reciclagem de papel *kraft* em embalagens tipo saco de cimento e similares. Está fase teve o objetivo de desenvolver um processo viável e a destinação correta dos resíduos eliminados durante o processo de limpeza das embalagens.

E a terceira foi avaliar as oportunidades e realizar cálculos com a redução de emissão de gases de efeito estufa a partir da reciclagem de papel *kraft* em embalagens tipo saco de cimento e similares.

3.2 Materiais

No ano de 2016 o Brasil produziu 57 milhões de toneladas de cimento, e estima que o consumo aparente seja o mesmo para mercado interno. A capacidade produtiva anual do Brasil é de 100 milhões de toneladas de cimento. Sua distribuição é feita usualmente em sacos de 50 kg. Devido à precária infraestrutura do transporte, são despachados 33% a granel, e 67% em sacos de papel *kraft*. Assim, mais de 38 milhões de toneladas são de 50 kg de papel *kraft*, e chegamos à totalidade de mais de 750 milhões de sacos utilizados ou mais de 100 mil toneladas de papel *kraft* descartados por ano, sem a possibilidade de reciclagem. (SINIC, 2017)

O mercado total de argamassas no Brasil é estimado em 120 milhões de toneladas, (ABAI, 2017). Mas sua distribuição é feita em sacos de papel

kraft e sacos de plástico. Em papel *kraft* os sacos são de 20 ou 50 kg. Mesmo sua distribuição feita em sacos de plástico, o consumo de papel *kraft* é grande, e um desperdício de aproveitamento de reciclagem deste material.

Embora os mesmos sacos de papel *kraft* sejam utilizados em embalagens de gesso e cal, não foram consideradas estas aplicações neste estudo por não terem sido encontradas informações confiáveis sobre estes consumos de sacos.

3.3 Resultados Obtidos

Foi desenvolvido pelo autor um processo de limpeza para atingir o percentual aceito pelas indústrias de papel possibilitar a reciclagem dos sacos de papel *kraft* utilizados para cimentos e similares. No processo foi sugerido não utilizar água para não ocorrer reação química dos produtos, um processo em grande escala, com eliminação dos resíduos de 95% das embalagens.

Segue abaixo a descrição do processo de limpeza para reciclagem de papel *kraft* em embalagens tipo saco de cimento e similares.

Os sacos de papel *kraft* utilizados em embalagens tipo saco de cimento e similares, podem estar em qualquer forma de deformação. As embalagens passarão por um processo de fragmentação, transformando os sacos em fragmentos. Os fragmentos passarão por um processo de limpeza com um sistema de moagem para triturar os fragmentos, uma peneira selecionará apenas os tamanhos desejados. Um dispositivo de sucção separa o papel e os resíduos sólidos, assim, todas as camadas de papel provenientes de sacos multifoliados são limpos completamente. E os fragmentos de papel já limpos serão compactados e transformados em fardos para armazenar como produto final. Assim, o produto final é composto de fragmentos de papel limpos, sem contaminação de resíduos, compactados e transformados em fardos, prontos para reciclagem.

A seguir, nas figuras de 7 a 13 estão apresentadas algumas fotografias do processo.



Fonte: O autor.

Figura 3 - Desfragmentação do papel.



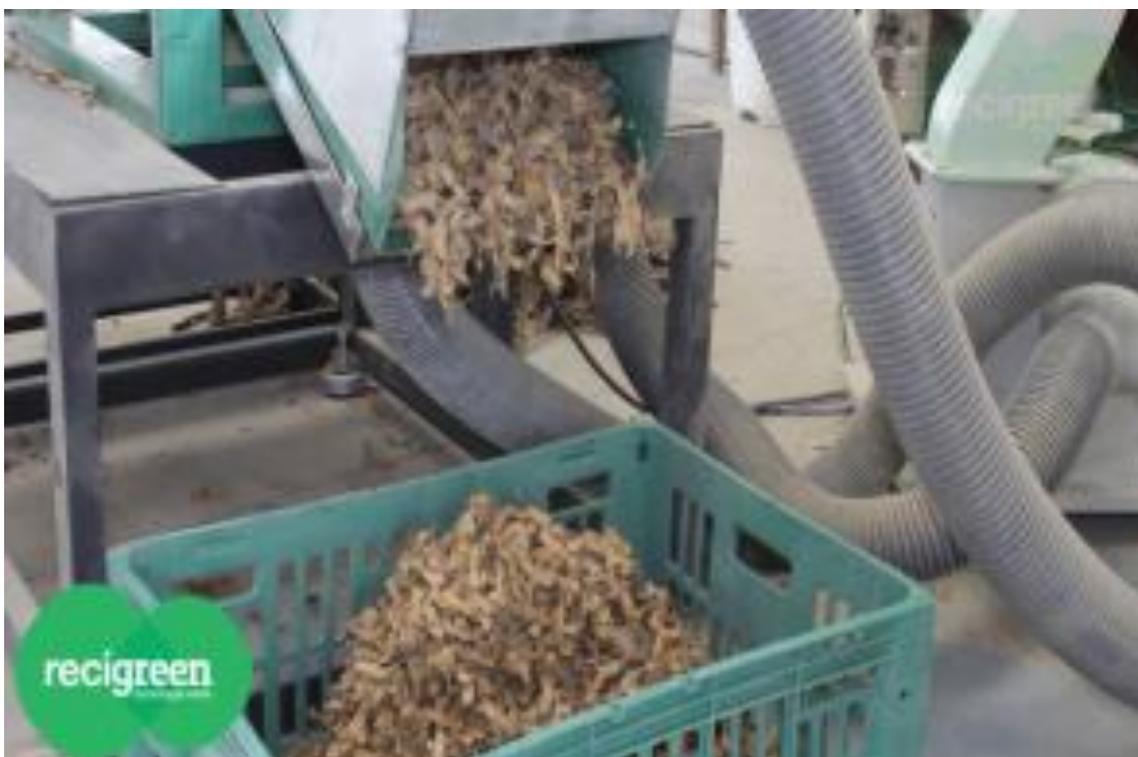
Fonte: O autor

Figura 4 - Quebra da fibra do papel, ainda contaminado.



Fonte: O autor.

Figura 5 - Trituração e limpeza do papel.



Fonte: O autor.

Figura 6 - Saída do resíduo de papel descontaminado.



Fonte: O autor.

Figura 7 - Resíduos de produtos sendo aspirados.



Fonte: O autor.

Figura 8 - Coleta de pó (resíduos).



Fonte: O autor.

Figura 9 – Etapas do processo. Fonte: O autor.

3.3.1 Avaliações dos benefícios ambientais

Levou-se em consideração a totalidade de sacos de cimento que são mais de 750 milhões utilizados ou mais de 100 mil toneladas por ano de papel *kraft* descartados sem a possibilidade de reciclagem.

a) Calculando a Emissão de gases CO₂ na produção:

Neste item foram calculadas as emissões de CO₂ decorrentes da produção de papel *kraft*, baseando-se no Fator de Emissões (FE) publicado no Inventário consolidado para o ciclo de vida do papel offset produzido no Brasil conforme Galdiano (2006) para uma massa de 100.000 toneladas de papel produzido por ano, conforme a equação (1).

Fator de Emissão do CO₂ (FE) = 0,640 kg/kg

Emissões de produção = Fator de emissões (FE) x massa (1)

b) Calculando a Massa de CO₂ armazenada no papel *kraft* reciclado:

Neste item foi calculada a quantidade de CO₂ que é armazenada no papel *kraft* reciclado. Os cálculos feitos para uma massa de 100.000 toneladas de papel reciclado conforme a equação (2). Os cálculos foram desenvolvidos baseando-se em um Teor de Carbono (Tc) contido no papel *kraft* obtido por ensaio desenvolvido no analisador químico LECO 144 do Biofix (UFPR), onde foi obtida a média de 0,4447 para amostras de papel *kraft*.

Esta quantidade de CO₂ seria emitida para a atmosfera pela decomposição do papel *kraft* no caso deste eventualmente ser queimado ou decomposto aerobicamente.

$$\text{Massa de CO}_2 \text{ armazenada} = \text{Tc (papel } \textit{kraft}) \times \text{massa} \times 3,6676 \quad (2)$$

A molécula de CO₂ possui massa molecular 3,667 vezes superior a do átomo de carbono

c) Benefícios totais de reciclagem quanto às emissões de CO₂:

Neste item foi calculada a soma dos benefícios quanto às emissões de CO₂ decorrentes da aplicação do processo de reciclagem do papel *kraft*. Para tanto, para a obtenção deste papel reciclado, não ocorrem novas emissões de produção e obviamente não ocorre a decomposição do papel descartado. Assim, somou-se as emissões de produção e as emissões de decomposição, conforme a equação (3).

$$\text{Benefícios de CO}_2 = \text{Emissões de produção} + \text{CO}_2 \text{ armazenado} \quad (3)$$

d) Benefício por saco reciclado:

Neste item foram calculados os benefícios quanto às emissões de CO₂ por saco, usou-se o resultado dos Benefícios de CO₂ da equação (3) e dividiu-se pela quantidade de sacos do experimento, conforme a equação (4).

$$\text{Benefícios de CO}_2 \text{ (saco)} = \text{Benefícios de CO}_2 / \text{Quantidade sacos} \quad (4)$$

3.3.2. Verificações da qualidade do papel no processo

Para a verificação da qualidade do papel no processo é feito um ensaio químico para apresentar os resultados de determinação do teor de cinzas da incineração a 525°C, método aplicado, ABNT NBR 13999:2003.

O resultado da análise do papel no processo de limpeza apresentado para reciclagem de papel *kraft* em embalagens tipo saco de cimento e embalagens similares, considerando-se uma única passada no processo de produção foi de 2,54% (tolerância de 0,23 para mais ou para menos) de teor de cinzas. Segue a análise do papel, conforme mostrado no resultado de ensaio apresentado no anexo II.

4. RESULTADOS

Na primeira fase foi colocada a forma de determinação da quantidade de CO₂ não emitido para a atmosfera devido ao gerenciamento das embalagens tipo saco de cimento para 750 milhões de sacos utilizados ou mais de 100 mil toneladas de papel *kraft* descartados por ano, com a possibilidade de reciclagem.

a)

Calculando a Emissão de gases CO₂ na produção:
Emissões de produção = Fator de emissões (FE) x massa (1)
Fator de Emissão do CO ₂ (FE) = 0,640 kg/kg
Massa de papel produzida = 100.000.000 kg
Emissões de produção = 0,640 x 100.000.000
Emissões de produção = 64.000.000 kg

b)

Calculando a Massa de CO₂ armazenada no papel <i>kraft</i> reciclado:
Massa de CO ₂ armazenada = Tc (papel <i>kraft</i>) x massa x 3,6676 (2)
Teor de Carbono (Tc) = 0,4447;
Massa de papel reciclada = 100.000.000 kg;
Massa de CO ₂ armazenada = 0,4447 x 100.000.000 x 3,6676
Massa de CO₂ armazenada = 163.098.172 Kg

c)

Benefícios totais de reciclagem quanto às emissões de CO₂:
Benefícios de CO ₂ = Emissões de produção + CO ₂ armazenado (3)
Emissões de produção = 64.000.000 kg
Massa de CO ₂ armazenada = 163.098.172 Kg
Benefícios de CO ₂ = 64.000.000 + 163.098.172
Benefícios de CO₂ = 227.098.172 kg

d)

Benefício por saco reciclado:
Benefícios de CO ₂ (saco) = Benefícios de CO ₂ / Quantidade sacos (4)
Benefícios de CO ₂ = 227.098.172 kg
Quantidade de sacos = 750.000.000 unidades
Benefício de CO ₂ (saco) = 227.098.172 / 750.000.000
Benefício de CO₂ (saco) = 0,30 kg

5. CONCLUSÃO

O alto consumo de resíduos sólidos na construção civil, em especial no caso em estudo os sacos de cimento e similares geram grandes impactos ambientais. Podemos afirmar que só no Brasil são descartados mais de 1 bilhão de sacos de cimento, argamassa, cal e gesso contaminados, sem possibilidade de reciclagem em grande escala. Com o processo de limpeza para reciclagem de papel *kraft* em embalagens tipo saco de cimento e similares podemos alterar o cenário do meio ambiente.

O resultado é eficiente, considerando a análise do papel contendo apenas 2,54% de resíduos após o processo de limpeza. Como mostra o Anexo I, Klabin, Especificação - Aparas de Sacos Multifoliados pós-consumo, o teor máximo de impurezas (inclusive cimento, cal, gesso) é de 5,0%.

As aparas das embalagens tipo sacos descontaminados são enviados para a indústria de papel para reciclagem para produção de papelão ondulado.

E os resíduos retirados no processo de limpeza são transformados em produtos de concreto sustentável, ligados a projetos sociais com mulheres de baixa renda.

As oportunidades de redução de emissão de gases de efeito estufa a partir da reciclagem de papel *kraft* em embalagens tipo saco de cimento e similares são enormes, assim gerando um resultado positivo para o meio ambiente e crédito de carbono.

Calculamos a soma dos benefícios quanto às emissões de CO₂ decorrentes da aplicação do processo de reciclagem do papel *kraft*. Para tanto, como para melhor viabilização da operação de reciclagem do papel *kraft* evita novas emissões de produção e também as emissões de decomposição do papel descartado, cujos benefícios totais de tem potencial para alcançar 227.098 t/CO₂ anualmente no Brasil, apenas das embalagens de sacos de cimento. Assim temos um benefício de 300 g/CO₂ por saco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP - Associação Brasileira Cimento Portland. Como devo armazenar o cimento?. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/perguntas-frequentes/como-devo-armazenar-o-cimento/>. Acesso em: 15/11/2017.

ABCP - Associação Brasileira de argamassa industrializada. Mercados. Disponível em: <http://abai.org.br/mercados/>. Acesso em: 10/11/2017.

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Atlas Brasileiro de emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos sólidos. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas_portugues_2013.pdf. Acesso em: 15/11/2017.

AGOPYAN V., SOUZA, U.E.L. e PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. Pesquisa “Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras.” Relatório final – VOLUME 1 – Apresentação Geral. EPUSP/FINEP/ITQC, 1998.

FOREST TRENDS. Back to the Future State of the Voluntary Carbon Markets 2011. Disponível em: http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_2828.pdf. Acesso em: 15/11/2017.

GALDIANO, GUILHERME DE PAULA. Inventário do ciclo de vida do papel offset produzido no Brasil – Dissertação de Mestrado, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-13122006-163035/pt-br.php>. Acesso em: 26/04/2018.

GENTIL, E., CHRISTENSEN, T.H.; Aoustin, E. Greenhouse gas accounting and waste management. Waste Management & Research, v. 27, n. 8, p. 696-706, 2009.

Governo do Brasil. Meio Ambiente: Entenda como funciona o mercado de crédito de carbono. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/04/entenda-como-funciona-o-mercado-de-credito-de-carbono>. Acesso em: 15/11/2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Perfil dos Municípios Brasileiros - Finanças Públicas 1998-2000. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/financasmunic/19982000/default.shtm>. Acesso: 15/11/2017.

INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DO PAPEL OFFSET PRODUZIDO NO BRASIL. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP_60b82517d222ceb51586a612061c2319. Acesso: 20/04/2018.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. Seminário Reciclagem de Resíduos Domiciliares, 2000.

KING, M. F.; GUTBERLET, J. Contribution of cooperative sector recycling to greenhouse gas emissions reduction: a case study of Ribeirão Pires, Brazil. Waste Management, v. 33, n. 12, p. 2771-2780, Dec. 2013. Disponível em: <http://pswm.uvic.ca/wp-content/uploads/2012/05/Read-the-Publication..pdf>. Acesso em: 15/11/2017.

LACERDA, L. Logística Reversa – Uma Visão sobre os conceitos Básicos e as praticas operacionais. Revista TecnoLogistica, Curitiba, p. 46-50. 2002.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/politica-de-residuos-solidos>. Acesso em: 15/11/2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Aproveitamento Energético do Biogás de Aterro Sanitário. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>. Acesso em: 21/01/2018.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Catadores de Materiais Recicláveis. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis>. Acesso em: 15/01/2018.

PINTO, T. D. P. Gestão Ambiental de resíduos de construção civil: A Experiência do SindusCon-SP. Obra Limpa. São Paulo. 2005.

PINTO, T. P. Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 199.

PINTO, T.P. Perdas de materiais em processos construtivos tradicionais. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos / Depto de Engenharia Civil, 1989.

RISI Technology Channels, 2015). Study shows improved carbon footprint for European *kraft* paper and paper sack industry from 2007 to 2012. Disponível em: <https://technology.risiinfo.com/environment/east-europe-west-europe/study-shows-improved-carbon-footprint-european-kraft-paper-and-paper-sack-industry-2007-2012>. Acesso em: 03/02/2018.

SINIC – SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. Dados do Setor. Disponível em: <http://snic.org.br/numeros-do-setor.php#>. Acesso em: 15/02/2018.

SOIBELMAN, L. As perdas de materiais na construção de edificações: Sua incidência e controle. Porto Alegre, 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SUBAK, S.; CRAIGHILL, A. The contribution of the paper cycle to global warming. Mitigation and Adaption Strategies for Global Change. v. 4: 113-135. 1999.

ANEXOS

Anexo I - Klabin, Especificação – Aparas de Sacos de Papel Multifoliados Pós Consumo;

Anexo II – IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas – Relatório de Ensaios;

 Klabin	Especificação – Aparas de Sacos de Papel Multifoliados Pós Consumo	Revisão: 0 Data: 31/05/2017 Página: 36/3
---	---	--

Aprovação: Mauro Haruo Yamamoto

Emissão: Fernando Inácio Torres

1. OBJETIVO

Estabelecer procedimentos para especificação, recebimento, controle de qualidade, de aparas de sacos de papel multifoliados pós-consumo.

1.1 Definições

Materiais impróprios: Materiais proibitivos e/ou impurezas, cuja presença em quantidade acima da especificada torna o lote em que estão contidos não utilizáveis para a fabricação específica de um determinado tipo de papel.

Impurezas: Todo material que não pode ser transformado em papéis e que pode comprometer o processo de produção. É possível ser retirado no processo de fabricação. Por exemplo: metal, plástico, vidro, pedra, areia, clipes, isopor, trapo, madeira, barbante.

Nota 1. Alguns materiais (que não são papéis, mas estão agregados com embalagens de papel), não foram considerados como impurezas e/ou materiais proibitivos, pois estão descritos na especificação do produto, como por exemplo, fita adesiva e etiquetas provenientes das embalagens de papel. Caso este material esteja especificado na classificação da aparas, é considerado impureza.

Material Proibitivo: Todo material que compromete a qualidade do papel produzido e não é possível de ser retirado no processo de fabricação específico de um determinado tipo de papel. Por exemplo: papel parafinado, betuminado, papel higiênico usado e fitilhos (internos no fardo).

- a) Papéis vegetais ou glassines;
- b) Papel e papelão encerados, parafinas ou betuminados;
- c) Papel carbono;
- d) Papel e papelão revestido ou impregnado com substâncias impermeáveis à água;
- e) Papel e papelão laminados, tratados ou revestidos com plásticos, betume ou camada metálica;
- f) Colas a base de resinas sintéticas;

- g) Bandeja de ovos e similares (polpa moldada), exceto as fabricadas com isopor;
- h) Tubetes revestidos de material impermeável à água;
- j) Fitas plásticas.

Nota 2. Contaminação com produtos alimentícios como: chocolate em pó, amido, entre outros, não serão considerados proibitivos.

Outros papéis: Quaisquer materiais que não se enquadram como impurezas e materiais proibitivos. São eles:

- a) Revistas, livros e panfletos;
- b) Papel branco;
- c) Cartolina (caixas de sapatos, caixas de camisas etc);
- d) Tubetes
- e) Papel jornal.

Lote: Conjunto de aparas de um mesmo tipo, com características específicas e de mesma nota fiscal.

Amostra: Conjunto de corpos de provas obtido de fardos sorteados no lote e que fornece informações sobre a sua qualidade.

Contra amostra/ Contra prova: Amostras guardadas por pelo menos 10 dias, de interesse comercial e disponível para auxiliar as partes envolvidas nas questões litigiosas a respeito da qualidade das cargas recebidas.

Classificação: Processo físico de separação dos diversos materiais encontrados

2. APLICAÇÃO

Depósito de Aparas
Controle da Qualidade
Controle de Processo.
Fabricação de Papel

3. REFERÊNCIAS

- . KP-ANX-APA-0001 - Classificação de fornecedores de aparas de papel;
- . KP-ANX-APA-0002 - Relatório de controle de qualidade de aparas de papel;
- . KP-ANX-APA-0003 - Localização dos fardos de aparas de papel para contagem;
- . KP-ANX-APA-0004 - Registro de entrada diária de aparas de papel.
- . KP-PRO-PRP-0001 – Aparas de papel – aquisição, recebimentos e controle de qualidade.

4. RESPONSABILIDADE

É da responsabilidade dos setores de Qualidade e Depósito de Aparas o cumprimento desta norma.

5. PRÉ-REQUISITOS E PRECAUÇÕES

5.1 - Deve se usar os seguintes EPI's de segurança:

Atividade: Processo de aquisição e controle de qualidade de aparas de papel:

- a) Luva de procedimento;
- b) Máscara descartável;
- c) Bota de segurança com biqueira de aço;
- d) Óculos de segurança.

Atividade: Recebimento de aparas de papel:

- a) Luva de raspa (se necessário);
- b) Óculos de segurança;
- c) Protetor auricular;
- d) Bota de segurança com biqueira de aço;
- e) Máscara.

6. DEFINIÇÕES

Material	Descrição	Especificação
Aparas pós – consumo de sacos multifoliados	Aparas pós-consumo provenientes de sacos multifoliados, utilizados para embalagem de cimento, ração, alimentos, cal, gesso.	Teor máximo de umidade: 15% Teor máximo de impurezas (inclusive cimento, cal, gesso): 5,0% Teor máximo de proibitivos: 2,0%

Nota 1. Aparas de sacos multifoliados que acondicionaram produtos químicos que podem gerar riscos a saúde não serão aceitos.

Nota 2. A separação das impurezas e materiais proibitivos será realizada através de separação manual/mecânica.

Nota 3. Amostragem e análise de umidade serão realizadas conforme procedimento aplicável para papelão ondulado.

Nota 4. Quando o percentual de máximo de impurezas acima de 5,0%, for referente a alimentos ou ração animal, será realizado um desconto comercial e não a reprovação da carga.

7. CRITÉRIOS

Material	Aprovar	Reprovar
Aparas de sacos multifoliados	Teor de impurezas < 5% Teor de proibitivos < 2%	Teor de impurezas > 5% Teor de proibitivos > 2%

Cargas de aparas que não estejam de acordo com os critérios desta especificação serão devolvidas.

Se ao visualizar a carga haja evidencia clara de excesso de impurezas tais como: plásticos, vidros, fios, etc; o responsável pela análise deve solicitar a devolução da carga, sendo necessário manter registro fotográfico da ocorrência.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 1 083 413 - 203

CLIENTE: Felipe Barbi Marcon
CPF: 290.082.008-13
Rua Dr. Emilio Chieirighini, 115, ap. 406, bl. 03
13310-060 - Itu - SP

NATUREZA DO TRABALHO: Ensaio químico em papel

REFERÊNCIA: Orçamento IPT - Nº 10185/16

1 MATERIAL

O Cliente enviou, em 08/08/2016, duas amostras de papel, contendo aproximadamente 200 g cada, designadas por ele e identificadas no IPT como apresentado na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Designação do material

Designação do Cliente	Código da amostra no IPT
"Amostra 1: Processo de produção 1x"	LPC 16163.1
"Amostra 2: Processo de produção 2x"	LPC 16163.2

O Cliente solicitou a determinação do teor de cinzas, conforme procedimento descrito no item 2.

2 MÉTODO E EQUIPAMENTOS

2.1 Método

A **Tabela 2** apresenta o ensaio realizado, o método empregado e o seu respectivo código no IPT.

Tabela 2 – Ensaio e método

Ensaio	Método	Código do método no IPT
Determinação do resíduo (cinzas) da incineração a 525 °C	ABNT NBR 13999:2003	CT-FLORESTA-LPC-PE-038 rev.7

Nota da Tabela 2: as análises foram realizadas no período de 08/08/2016 a 16/08/2016.

2.2 Equipamentos

- **Balança analítica (EQ - 041):** Certificado de calibração nº 146738-101 emitido pelo Laboratório de Metrologia Mecânica do Centro de Metrologia Mecânica, Elétrica e de Fluidos do IPT, com validade até agosto de 2016.
- **Estufa (EQ - 059):** Certificado de calibração nº LV 41139-15-R0 emitido pela empresa Visomes Comercial Metrológica Ltda., com validade até novembro de 2017.
- **Mufra (EQ - 136):** Certificado de calibração nº LV 29055-14-R0, emitido pela empresa Visomes Comercial Metrológica Ltda., com validade até agosto de 2016.

Laboratório de Papel e Celulose/CT-FLORESTA

3 RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos no ensaio solicitado.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios

Amostra	Teor de cinzas (%)
Amostra 1: Processo de produção 1x	2,54 ± 0,23
Amostra 2: Processo de produção 2x	2,35 ± 0,15

Notas da Tabela 3:

- a) Os resultados apresentados nesta tabela se referem à média de cinco determinações paralelas;
b) As incertezas apresentadas nesta tabela baseiam-se em uma incerteza padronizada combinada por um fator de abrangência k, com ν graus de liberdade, fornecendo um nível de confiança de aproximadamente 95 %, sendo $k = 2,8$ e $\nu = 4$ para as duas amostras.

4 EQUIPE TÉCNICA

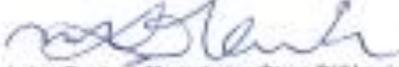
Química, Maria Luiza Otero D’Almeida.
Química, Márcia Barreto Cardoso.
Técnica de laboratório Arlete Sanches de Lima.

São Paulo, 19 de agosto de 2016.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE RECURSOS FLORESTAIS
Laboratório de Papel e Celulose


Química Doutora Márcia Barreto Cardoso
Supervisora de ensaio
CRQ nº 04281875 - RE 8654

CENTRO DE TECNOLOGIA DE RECURSOS FLORESTAIS
Laboratório de Papel e Celulose


Química Doutora Maria Luiza Otero D’Almeida
Chefe do laboratório
CRQ nº 84201949 - RE 2487