

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade em Diferentes Setores

PRODUÇÃO MAIS LIMPA E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DO PAPEL: CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CLEANER PRODUCTION AND ANALYSIS OF THE LIFE CYCLE OF PAPER: THE CASE OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF SANTA CATARINA

Carolina Salvão Vanni, Caroline Rodrigues Vaz, Paula Regina Zarelli Rocha, Paulo Mauricio Selig, Adilson Carlos da Rocha

RESUMO

Este artigo tem por objetivo aplicar as fases da ferramenta Análise do Ciclo de Vida e os métodos da Produção mais Limpa, no processo do papel, nos departamentos de recursos acadêmicos da Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina. A pesquisa foi classificada como um estudo de caso, com abordagem quantitativa, com objetivo exploratório-descritivo. Aplicado questionário de Vaz (2011) e com os dados obtidos realizou-se análise do ciclo de vida, visando o desperdício que ocorre dentro do setor. Após, realizou-se a avaliação e a interpretação das informações e assim as estruturas de oportunidade de minimização de resíduos da produção mais limpa. As considerações feitas são pequenas contribuições para a diminuição do impacto ambiental. Podendo concluir que algumas das alterações propostas já são atendidas pelo setor, contudo algumas sugestões podem minimizar o desperdício de papel.

Palavras-chave: Produção mais Limpa, Análise do Ciclo de Vida, Papel.

ABSTRACT

This article aims to apply the stages of the tool of Life Cycle Analysis and the methods of Cleaner Production, in the process of paper, in the departments of academic resources of the Graduate Program in Production Engineering and Engineering and Knowledge Management, Federal University Santa Catarina. The research was classified as a case study with a quantitative approach, aiming exploratory and descriptive. A survey of Vaz (2011) and the data analysis were performed of the life cycle, targeting the waste that occurs within the sector. After, we carried out the evaluation and interpretation of information and thus the opportunity structures for waste minimization of cleaner production. The considerations are small contributions to reducing environmental impact. Could conclude that some of the proposed changes are already met by the sector, although some suggestions can minimize paper waste.

Keywords: Cleaner Production, Life Cycle Analysis, Paper

1. Introdução

No Brasil, 100% da produção de celulose e papel têm como origem florestas plantadas de eucalipto e pinus onde as árvores são cultivadas em áreas específicas, com insumos de alta qualidade para depois serem colhidas para uso industrial. As florestas plantadas colaboram para recuperar áreas degradadas e desertificadas e para manter a fertilidade dos solos de modo sustentável que têm como objetivo reduzir os impactos ambientais e promover o desenvolvimento econômico e social das comunidades vizinhas.

Com base em tecnologias avançadas de gestão e controle, as empresas de celulose e papel visam a alcançar práticas de excelência em sustentabilidade na área ambiental. No campo social, geram empregos, ajudam a reduzir a pobreza e incluem os pequenos produtores na cadeia da economia. Outro fator tão importante quanto à fabricação do papel é a sua reciclagem.

A matéria prima para a fabricação do papel já está escassa, mesmo com políticas de reflorestamento e com uma maior conscientização da sociedade em geral. E na fabricação de uma tonelada de papel, a partir de papel usado, o consumo de água é muitas vezes menor e o consumo de energia é cerca da metade. Economizam-se 2,5 barris de petróleo, 98 mil litros de água e 2.500 kw/h de energia elétrica com uma tonelada de papel reciclado. Como o papel continua na lista dos produtos de maior impacto ambiental, o objetivo é minimizar seus danos, assim consumidores precisam rever seus hábitos de consumo e exigir mudanças no modo de produção.

No Brasil, apenas 37% do papel produzido é levado para a reciclagem. De todo o papel reciclado, 80% é destinado à confecção de embalagens, 18% para papéis sanitários e apenas 2% para impressão, sendo assim é necessário aumentar a produção e construir um mercado mais competitivo para os reciclados. Porém, um problema é a precariedade do sistema de coleta seletiva na maior parte do país, como também nas universidades.

Neste contexto, este artigo tem como objetivo aplicar as fases da ferramenta Análise do Ciclo de Vida e os métodos da Produção mais Limpa, no processo do papel, nos departamentos de recursos acadêmicos da Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina.

2. Referencial Teórico

2.1 Produção Mais Limpa

Em 1989, a expressão Produção Mais Limpa foi definida pela UNEP (*United Nations Environment Program*) e pela DTIE (*Division of Technology, Industry and Environment*) como sendo a aplicação contínua de uma estratégia integrada de prevenção ambiental a processos, produtos e serviços, visando o aumento da eficiência da produção e a redução dos riscos para o homem e o meio ambiente. No Brasil, a indústria descobre a Produção Mais Limpa na década de 1990 após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio 92.

A produção mais limpa ou PML é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental de prevenção da poluição na empresa, que busca eliminar a poluição durante o processo de produção, não somente no final do processo. Esta ferramenta foca nos produtos e processos, reduzindo o uso de matérias-primas para não gerar ou para minimizar a geração de resíduos, para assim reduzir os riscos ambientais para todos os seres vivos e trazer benefícios econômicos para a empresa. (CNTL, 2002). Todos os resíduos que a empresa gera tem algum custo para a mesma. Desde quando os produtos são comprados, pelo preço da matéria prima,

depois quando são gerados e por último com gastos de tratamento e armazenamento que continuam a consumir dinheiro, seja por gastos ou por multas devido à falta desses cuidados, ou ainda pelos danos à imagem e à reputação da empresa.

A Produção Mais Limpa ou também conhecida como *Cleaner Production*, tem uma abordagem preventiva de gerenciamento ambiental e visa produzir bens e serviços com o mínimo impacto ambiental dentro das limitações econômicas e tecnológicas do presente (UNEP, 2006).

Segundo CNTL (2002), Produção mais Limpa significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo.

A tecnologia da PML apresenta várias vantagens quando comparada às tecnologias de fim de tubo, são elas: 1 – A Produção Mais Limpa reduz a quantidade de materiais e energia usados, apresentando assim um potencial para soluções econômicas; 2 – Devido a uma intensa exploração do processo de produção, a minimização de resíduos, efluentes e emissões geralmente induz a um processo de inovação dentro da empresa; 3 – A responsabilidade pode ser assumida para o processo de produção com um todo e os riscos no campo das obrigações ambientais e da disposição de resíduos podem ser minimizados; 4 – A minimização de resíduos, efluentes e emissões é um passo em direção a um desenvolvimento sustentável (CNTL, 2002).

A PML traz inovações nas empresas, levando ao desenvolvimento econômico sustentado e competitivo para toda a região que elas abrangem. Na qual, pretende integrar os objetivos ambientais aos processos de produção para assim reduzir os resíduos e as emissões em termos de quantidade, planejamento, segurança, meio ambiente, *design*, eficiência. As tecnologias ambientais convencionais somente tratam os resíduos e as emissões geradas nos seus processos produtivos, as chamadas técnicas de fim-de-tubo. Já na produção mais limpa várias estratégias são utilizadas para a minimização de resíduos. A metodologia de implantação da Produção mais Limpa pode ser dividida em seis etapas: sensibilização e capacitação; elaboração dos balanços de material e energia; análise dos balanços; estudos de viabilidade; implementação e monitoramento; relatório econômico, ambiental e tecnológico. (CNTL, 2002).

O aspecto mais importante da Produção Mais Limpa é que a mesma requer não somente a melhoria tecnológica, mas a aplicação de *know-how* e a mudança de atitudes. Esses três fatores reunidos é que fazem o diferencial em relação às outras técnicas ligadas a processos de produção. A aplicação de *know-how* significa melhorar a eficiência, adotando melhores técnicas de gestão, fazendo alterações por meio de práticas de *housekeeping* ou soluções caseiras e revisando políticas e procedimentos quando necessário. Mudar atitudes significa encontrar uma nova abordagem para o relacionamento entre a indústria e o ambiente, pois repensando um processo industrial ou um produto, em termos de Produção Mais Limpa, pode proporcionar a geração de melhores resultados, sem requerer novas tecnologias. Com isso, a estratégia geral para alcançar os objetivos é de sempre mudar as condições na fonte em vez de lutar contra os sintomas (CEBDS, 2011).

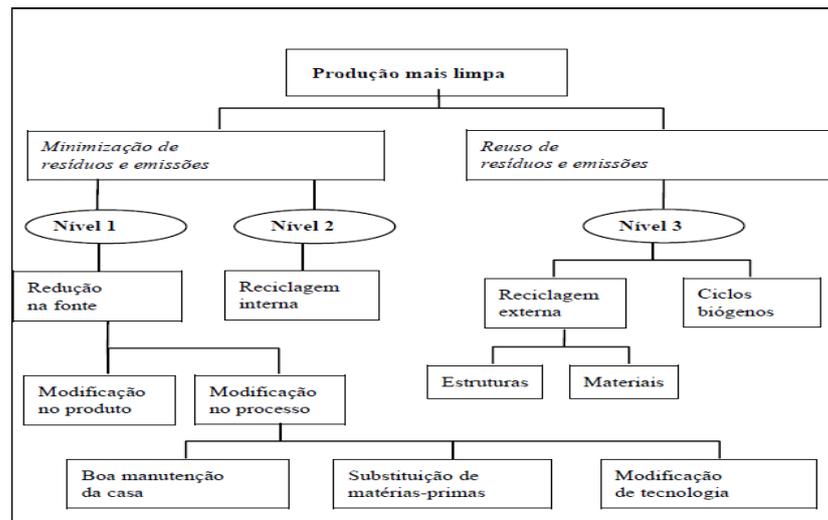


Figura 1 – Organograma de Níveis e Estratégias
Fonte: Ecoprofit (1996).

Pode-se verificar na figura 1 que o combate ao resíduo deve partir do nível 1. Nesse nível busca-se a solução na fonte com ênfase preventiva. Os passos da metodologia PML são:

- Primeiro passo: o diagnóstico onde se realiza o levantamento das áreas que geram resíduos ou emissões para ter uma visão macro do sistema, tanto da qualidade (tipo, toxicidade, características) quanto da quantidade.

- Segundo passo: a coleta de dados, fundamental no processo de produção limpa. Deve-se ter conhecimento atualizado dos principais fluxos de materiais e energia, construindo o que se chama balanço de material e energia, que ajudarão todos os passos da metodologia e estudos futuros. Além disso, devem-se coletar documentos de entrada e saída que tratem de resíduos e emissões (documentos de órgãos ambientais, faturas de concessionárias, etc...).

- Terceiro passo é a avaliação do balanço de material e/ou energia onde serão avaliados desperdícios, respondendo questões como: Por que ocorrem estes desperdícios? Como ocorrem? Onde ocorrem?

- Quarto passo é a definição de prioridades procedendo-se uma hierarquização das prioridades a serem atacadas. Formulam-se perguntas como: Onde ocorrem os maiores desperdícios? Onde está localizado o maior problema?

- No quinto passo faz-se o balanço detalhado das prioridades, analisando-as pontualmente e dividindo-as em partes, tais como: locais específicos e máquinas.

- Sexto passo é a identificação das técnicas de produção limpa para cada caso analisado.

- No sétimo passo faz-se o estudo de viabilidade econômica da aplicação da técnica de produção limpa. A utilização de conceitos de matemática financeira (VPL, TIR) mostram-se suficientes para avaliação de investimento. Em alguns casos tornam-se desnecessários pela obviedade do melhoramento.

- Oitavo passo é a identificação de barreiras para a implementação da técnica que podem ser comportamentais, de treinamento, de espaço físico, de tempo de execução, etc.

- Último passo é a implantação da técnica de produção mais limpa, uma vez que os estágios anteriores repararam as condições para que isto pudesse ocorrer.

Existe uma grande dificuldade para a prática da PML, seus maiores obstáculos ocorrem em função da resistência à mudança; da concepção errônea (falta de informação sobre a técnica e a importância dada ao ambiente natural); a não existência de políticas

nacionais que dêem suporte às atividades de produção mais limpa; barreiras econômicas (alocação incorreta dos custos ambientais e investimentos) e barreiras técnicas (novas tecnologias).

CNTL (2002) estabelece alguns dos principais fatores ligados a origem e as emissões dos resíduos: Falta de disponibilidade de recursos humanos qualificados; Operação ritualística; Falta de instalações e de um sistema de treinamento; Falta de Informações; Uso de tecnologias ultrapassadas e de equipamentos obsoletos; Uso de matérias-primas baratas abaixo do padrão; Falta de especificações de qualidade; Deficiência no suprimento; Uso de matérias primas que geram muitos resíduos não recicláveis; Mau controle de estoque; Produtos com pouca longevidade; Proporção ineficiente entre produtos e subprodutos; *Design* do produto impraticável; Embalagem; Má utilização dos parâmetros de processo; Falta de intercâmbio com os parceiros comerciais; etc.

2.2 Análise do Ciclo de Vida

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) avalia todos os efeitos ambientais gerados ao longo da vida de um produto, desde as fontes dos recursos primários até o descarte final. Com essa análise identificam-se os impactos além dos limites da área produtiva. Estes impactos muitas vezes têm maior relevância que os ocasionados diretamente pelos processos de manufatura do produto. Por exemplo: a grande exploração e uma gestão inadequada de recursos florestais podem degradar significativamente a qualidade do solo causando impactos significativos sobre a taxa de renovação deste recurso e sobre a qualidade das águas superficiais. A Análise do Ciclo de Vida de um produto é conceituada como uma ferramenta de gerenciamento ambiental para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados ao ciclo de vida de um produto (ABNT, 2009).

A ACV começou a ser utilizada como instrumento nos anos de 1960. No final da década de 80 tornou-se mais importante e passou a ser visto como um instrumento de elevada utilidade, principalmente, quando surgiu a problemática mundial face aos resíduos sólidos. Neste período, o interesse em ACV, foi principalmente explorado pelos grandes líderes industriais cujo intuito principal era demonstrar a superioridade ambiental dos seus produtos comparativamente aos da concorrência. Outro motivo que despertou o interesse da sociedade pela ACV foi a falta de petróleo no início dos anos de 1990. Atualmente, a principal razão para a utilização de ACV é a identificação de oportunidades de otimização de um produto ou processo de forma a aperfeiçoar o perfil ambiental. Utilizado para *design* de produtos, como também para conseguir objetivos mais abrangentes, tais como a sustentabilidade, sendo por isso importante para tomadas de decisões políticas (CIAMBRONE, 1997; CURRAN, 1996).

A Análise de Ciclo de Vida é uma ferramenta sistemática utilizada para avaliar os impactos ambientais associados a um produto ou a um serviço específico. A aplicação deste instrumento, assim como de outras práticas que visam à minimização de resíduos, levará à otimização do produto a vários níveis. Desta forma, ao aplicar este instrumento pretende-se: prevenir a poluição através da redução das emissões envolvidas nos vários processos de fabricação e/ou uso do produto ou serviço; conservar recursos; reduzir os custos associados e aumentar a competitividade do produto e torná-lo sustentável (CIAMBRONE, 1997).

A ACV é definida pela norma ISO 14040 (ISO, 2006) como uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto, ao longo de seu ciclo de vida. O termo produto é utilizado de maneira mais ampla, representando também os serviços, e não apenas os bens físicos. Ela engloba todos os estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, que vão desde a obtenção das matérias primas e energia necessária, a manufatura, o uso e a distribuição, até a disposição final do produto, podendo incluir a

reciclagem de materiais e componentes, além de outros tratamentos pós-consumo. Os fluxos de materiais, produtos e energia que entram e saem de cada unidade de processo são coletados em relação a uma unidade funcional, que representa o desempenho quantificado de um sistema de produto, e alocado entre os produtos, coprodutos e subprodutos oriundos do sistema em investigação. Sua estrutura metodológica é composta por quatro fases principais, a saber: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação do impacto e interpretação dos resultados.

Fava et al. (1991) definem o inventário de ciclo de vida como um processo objetivo de quantificação de energia e matéria prima requeridas, emissões, efluentes, resíduos e outros lançamentos ambientais de todo o ciclo de vida. Portanto o inventário de ciclo de vida é uma ACV sem a interpretação dos aspectos ambientais em termos de impacto ambiental, conforme se pode observar na figura 2.



Figura 2 – Interpretação de aspectos e impactos ambientais
Fonte: Fava et al. (1991).

A ACV é um processo de compilação e avaliação de *inputs*, *outputs* e de impactos ambientais potenciais associados ao ciclo de vida de um produto ou serviço. A ACV de um produto inclui todos os processos associados ao longo do seu ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima, à produção de materiais que são utilizados para fabricar os produtos, passando ainda pelo próprio usado produto até à deposição final dos seus constituintes. Esta abordagem assim detalhada é usualmente caracterizada como sendo “do berço ao túmulo”. Para cada etapa de um ciclo de vida os recursos, matérias-primas, produtos, eletricidade, portador energético, etc. são considerados as entradas. As emissões para o ar, água e solo, bem como os resíduos e coprodutos são registados como saídas. (EC, 2010).

Segundo ABNT (2009), as fases da Análise de Ciclo de Vida são: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação dos resultados. O objetivo de um estudo de ACV deve dizer a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo, isto é, para quem se pretende comunicar os resultados do estudo. Na definição do escopo de um estudo de ACV devem ser considerados e claramente descritos a função e unidade funcional, as fronteiras do sistema, os requisitos da qualidade dos dados, as comparações entre sistemas e as considerações sobre análise crítica.

A análise de inventário envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas importantes de um sistema de produto, estes dados também

constituem a entrada para avaliação do impacto do ciclo de vida. A fase de avaliação de impacto usa os resultados da análise de inventário para tentar compreender os impactos ambientais potenciais. É a fase em que constatações da análise do inventário e dos estudos de inventário são combinadas de forma consistentes, com o objetivo e escopo definidos, para chegar a conclusões e recomendações. As fases da Análise do Ciclo de Vida podem ser observadas na figura 3.

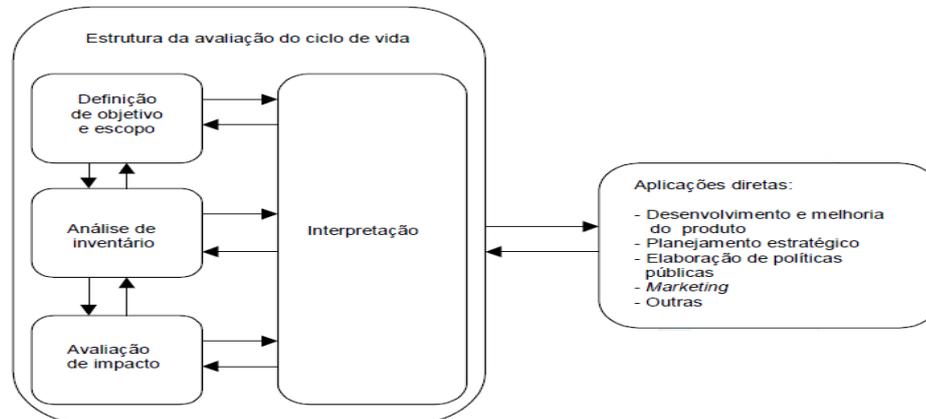


Figura 3–Fases de uma Análise de Ciclo de Vida
Fonte: ISO 14040:2006.

3. Metodologia da pesquisa

3.1. Classificação da pesquisa

O método escolhido para esta pesquisa foi o indutivo por fornecer bases lógicas à investigação, partindo de dados particulares suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral não contida nas partes examinadas. O presente artigo foi classificado, quanto à natureza como uma pesquisa aplicada, por objetivar conhecimentos novos, úteis para o avanço da ciência, com aplicação na prática.

Em função de seus objetivos serem dirigidos a gerar conhecimentos, na busca da solução de problemas específicos, essa pesquisa teve objetivos exploratórios e descritivos. Em relação ao quesito abordagem o presente trabalho se enquadrava como uma pesquisa quantitativa e qualitativa, que corresponde a questões muito particulares, onde se consegue quantificar.

Em relação aos procedimentos técnicos esta pesquisa se enquadrava como uma pesquisa bibliográfica, por ser elaborada a partir de material publicado anteriormente, principalmente de livros, artigos de periódicos e materiais disponibilizados na Internet. É uma pesquisa de levantamento, na qual uma amostra pode ser projetada para a totalidade do universo.

3.2. Local da pesquisa

O local escolhido para a pesquisa foi a Universidade Federal de Santa Catarina. Na qual, foi escolhido o departamento da Divisão de Recursos Acadêmicos da Pós Graduação de Engenharia de Produção e a Pós Graduação de Engenharia e Gestão do Conhecimento, pelo fato de ter uma demanda razoável de utilização de papel. Uma vez que, o serviço de fotocopadora de papel da Instituição é terceirizado, não tendo recursos financeiros da Universidade.

3.3. Procedimentos da pesquisa

Inicialmente foi adaptado o questionário semiestruturado de Vaz (2010) contendo questões em relação à demanda de papel, sendo destinado aos chefes responsáveis dos departamentos. Após, o levantamento desses dados, foi utilizada a ferramenta ambiental Análise do Ciclo de Vida, empregado às fases de: (i) objetivo e escopo, (ii) análise do inventário, (iii) avaliação dos impactos e (iv) interpretação. E por fim, proposto alternativas de melhoramento do ciclo do papel com a ferramenta ambiental Produção mais Limpa, que foi analisada pelos níveis de oportunidades de priorização de minimização de geração de resíduos e pelas suas matrizes de aspectos e impactos ambientais.

4. Estudo de caso

4.1. Análise do Ciclo de Vida do Papel

A plantação das mudas de eucaliptos em áreas próprias de reflorestamento das empresas é o início do processo de fabricação do papel. A muda leva sete anos para se desenvolver e esta preparada para o corte. Após esta etapa, as madeiras cortadas são levadas para a fábrica, na qual será processada e assim ser extraída as fibras que é a lignina, e por sua vez são utilizadas como fonte de matéria-prima para produção do papel, na condição de cola.

Para se transformar a madeira em polpa, que é a matéria-prima do papel, é necessário separar a lignina, a celulose e a hemicelulose que constituem a madeira. Para isso se usam vários processos, sendo os principais os processos mecânicos e os químicos. Os processos mecânicos basicamente trituram a madeira, separando apenas a hemicelulose, e assim produzindo uma polpa de menor qualidade de fibras curtas e amareladas.

O principal processo químico é o *kraft*, que trata a madeira em cavacos com hidróxido de sódio e hidrossulfeto de sódio, que dissolve a lignina, liberando a celulose como polpa de papel de maior qualidade. O principal inconveniente deste processo é que o licor escuro que é produzido pela dissolução da lignina da madeira, o qual deve ser tratado adequadamente devido a seu grande poder poluente, já que contém compostos de enxofre tóxicos e malcheirosos e grande carga orgânica. O reaproveitamento desta lignina é diverso, podendo o licor ser concentrado por evaporação e usado até mesmo como combustível para produção de vapor na própria fábrica. O branqueamento da polpa de papel subsequente também é potencialmente poluente, pois costumava ser feito com cloro, gerando compostos orgânicos clorados tóxicos e cancerígenos. Seguindo o processo de fabricação, ocorre a produção de papel, especificamente neste caso o papel utilizado no setor, papel comum modelo A4.

Após este processo é distribuído até chegar ao setor de Pós-Graduação de Engenharia de Produção (PPGEP) e ao setor de Engenharia do Conhecimento (EGC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Nestes setores será utilizado de diversas maneiras, para confecção de certificados, declarações, históricos, memorandos, entre outros artigos, tanto para uso interno como para a comunidade externa. Simplificando seu destino, a saída ocorrerá para o usuário externo, ou para o lixo. Seu destino final é a reciclagem, pois todo o lixo do setor é destinado à reciclagem que não é realizada pela instituição.

4.2. Objetivo e Escopo

Este trabalho tem como alvo, realizar um estudo em dois determinados setores na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, especificamente as secretarias de pós-graduação em Engenharia de Produção e outra na Gestão do Conhecimento, analisando o ciclo de utilização do papel, desde sua entrada na universidade até seu destino final, ou seja, o lixo.

Realizado também o Inventário do Ciclo de vida do Papel, o qual por sua vez relacionará todos os aspectos que estão envolvidos com o papel, como as impressoras, seus devidos gastos de tinta e de energia elétrica. Tendo como foco final o impacto causado por todo este ciclo. E, por conseguinte suas respectivas propostas de melhorias.

4.3. Análise do Inventário

4.3.1. PPGE

O processo operacional na PPGE se resume em cinco classes principais: emissão de certificados, emissão de diplomas, emissão de históricos escolares, emissão de requerimentos e comprovantes. O fluxograma qualitativo global da Figura 4 ilustra o processo linear do atendimento ao aluno pela secretaria da universidade.

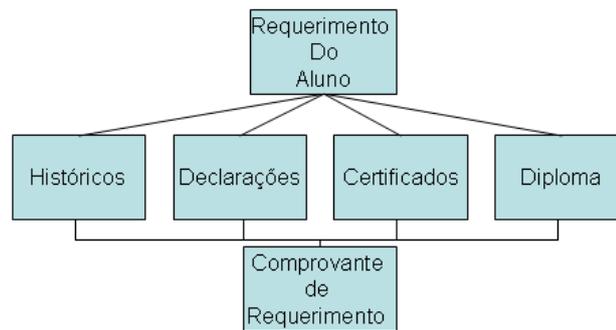


Figura 4 - Processo de atendimento ao aluno na PPGE - UFSC
Fonte: Autores.

Com base no fluxograma linear do processo de consumo do papel três parâmetros destacaram-se: energia, papel e tinta de impressão. Assim, é realizado um mapeamento do fluxo *input/output* conforme ilustrado na Figura 5 onde se observa que as principais entradas de matérias-primas no processo da secretaria são: o papel, a tinta e a energia. Foram analisados os seus custos e quantidades utilizadas por meio de matrizes globais da ferramenta Produção mais Limpa. A Tabela mostra a matriz global de custo e quantidade do papel.



Figura 5 – Fluxo input/output do papel na PPGE-UFSC
Fonte: Autores.

Tabela 1 – Matriz global de custo e quantidade de papel

Tipo de papel	Quantidade/Mês	Quantidade/Ano	CustoR\$/Unidade	Custo Total por Ano
---------------	----------------	----------------	------------------	---------------------

Papel A4	1000	12000	R\$	0,02	R\$	240,00
----------	------	-------	-----	------	-----	--------

Fonte: Autores.

Para esses materiais são gastos aproximadamente R\$ 240,00 anuais. Destaque para o fato que o departamento tem um consumo de R\$ 20,00 mensais apenas em compras de papeis. Observou-se que nesse departamento tem apenas quatro tipos de impressoras. Segue a relação delas na tabela seguinte.

TABELA 2 – Matriz global de custo e quantidades de toner/cartuchos

Tipo de impressora	Quantidade/Mês	Custo/Anual
Cartucho	0,33	R\$ 160,00
Cartucho	0,33	R\$ 160,00
Toner	00,5	R\$ 450,00
Toner	00,5	R\$ 450,00
TOTAL	1,66	R\$ 1.220,00

Fonte: Autores.

O departamento apresenta um consumo anual de R\$ 1.220,00, tendo um consumo mensal de R\$ 101,67 em toners e cartuchos para as impressoras. Na infraestrutura física ainda estão: 06 computadores com estabilizadores, 03 telefones, 01 fax, 01 fotocopiadora, 03 ar condicionados, 01 microondas, 01 cafeteira, 01 filtro de agua e 01 figrobar. Devido à forma do contrato elétrico com a concessionária a universidade não se tem valores de consumo de energia por departamento, dificultando um cálculo específico e ponderado. Da mesma forma todas as redes de energia, foram modernizadas e adequadas para evitar desperdícios de energia e danos para as máquinas e aos equipamentos. Uma vez que, se pode calcular um valor estimado para o consumo de energia por cada equipamento, é possível transformar em unidades monetárias. A Tabela 3 mostra este resultado.

Tabela 3 – Matriz global do consumo de energia gasta no processo do papel

Aparelho	Matriz de gasto de energia				
	Watts	KW	Consumo R\$/Kw/h	Consumo R\$/Kw/hTrab.	Consumo R\$/Kw/mês
Computador	360	0.36	0.0864	0.6912	15.2064
Computador	360	0.36	0.0864	0.6912	15.2064
Computador	360	0.36	0.0864	0.6912	15.2064
Computador	360	0.36	0.0864	0.6912	15.2064
Computador	360	0.36	0.0864	0.6912	15.2064
Computador	360	0.36	0.0864	0.6912	15.2064
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344

Xerocadora	540	0.54	0.1296	1.0368	22.8096
Fax	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Telefone sem fio	8	0.008	0.00192	0.01536	0.33792
Telefone comum	8	0.008	0.00192	0.01536	0.33792
Telefone comum	8	0.008	0.00192	0.01536	0.33792
Ar condicionado	1800	1.8	0.432	3.456	76.032
Ar condicionado	1800	1.8	0.432	3.456	76.032
Ar condicionado split	4500	4.5	1.08	8.64	190.08
Microondas	750	0.75	0.18	1.44	31.68
Multifuncional	420	0.42	0.1008	0.8064	17.7408
Cafeteira	600	0.6	0.144	1.152	25.344
Filtro Água	110	0.11	0.0264	0.2112	4.6464
Frigobar	70	0.07	0.0168	0.1344	2.9568
Impressora	180	0.18	0.0432	0.3456	7.6032
Impressora	180	0.18	0.0432	0.3456	7.6032
Impressora HP	190	0.19	0.0456	0.3648	8.0256
TOTAL	13744	13.744	3.29856	26.38848	580.5466

Fonte: Autores.

O departamento tem um consumo médio de 13,74 Kw/h por mês tendo um gasto de R\$ 580,55, totalizando um gasto anual de energia em aproximadamente R\$ 6.966,60. Através da análise de custos pode-se observar que o departamento tem um gasto mensal de R\$ 702,22 e um gasto anual de R\$ 8.426,60 com papéis, tintas de impressoras e energia. Com base nos dados apresentados, pode-se realizar uma análise de toda a utilização do departamento em relação ao uso do papel e conseqüentemente o consumo de tintas de impressoras e de energia gasta, e desta maneira avaliar os impactos causados pela utilização deste, ou por seu desperdício, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz global de custos de resíduos gerados e a eficiência de processo

RESÍDUOS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
	Quant.	Custo	Custo total	Quant.	Custo	***Preço venda	Ganho com venda de resíduos	Custo resíduo relacionado à MP	Custo total resíduo	Quant. Produto produzido	Eficiência emprego da MP
	MP	MP	MP	Resíduos	(armazenagem, transporte e disposição)						
	Uní. Ano	R\$	R\$	Uní./ano	R\$/Uní.	R\$/Uní.	R\$	R\$/Uní.	Uní.	Uní.	%
	A	B	C=A*B	D	E=D*0,00	F=D*0,00	G=F-E	H=B*D	I=(E+H)-F	J	L
Cartucho	4	40	160	3	0	0	0	120	120	2.000	90
Cartucho	4	40	160	3	0	0	0	120	120	2.000	90
Toner	6	75	450	5	0	0	0	375	375	3.000	95
Toner	6	75	450	5	0	0	0	375	375	3.000	95
Papel A4	12.000	0,2	2400	1200	0	0	0	240	240	10.800	90

Fonte: Autores.

Nesta matriz considera-se: A = quantidade de matéria-prima (MP) utilizada; B = custo unitário da matéria-prima (MP); C = custo total da matéria-prima (MP, que é a multiplicação da coluna A pela coluna B); D = quantidade de resíduos gerados em função do consumo de matéria-prima; E = custo com armazenagem + disposição + transporte vinculado à disposição do resíduo; F = preço de venda do resíduo; G = ganho com a venda do resíduo (é a diminuição da coluna E da F); H = custo do resíduo relacionado à matéria-prima (é o valor do resíduo considerando o preço da matéria-prima comprada, por isso a multiplicação da quantidade de resíduo gerado pelo custo da matéria-prima); I = custo total do resíduo (é o valor obtido do custo do resíduo relacionado com a matéria-prima mais os gastos com armazenagem + disposição + transporte menos a venda do resíduo); J = quantidade de produto produzido (é o quanto aquela matéria-prima gerou de produto); e L = eficiência do emprego da matéria-prima (em %) – este valor é a divisão da quantidade de produto produzido pela quantidade de matéria-prima utilizada.

4.3.2. EGC

O processo operacional na Engenharia do Conhecimento se resume em cinco classes principais: emissão de certificados, emissão de diplomas, emissão de históricos escolares, emissão de requerimentos e comprovantes. O fluxograma qualitativo global da Figura 4 ilustra o processo linear do atendimento ao aluno pela secretaria da universidade.

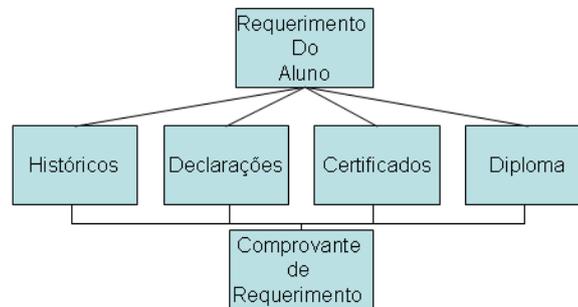


Figura 4 - Processo de atendimento ao aluno na EGC - UFSC
Fonte: Autores.

Com base no fluxograma linear do processo de consumo do papel três parâmetros destacaram-se: energia, papel e tinta de impressão. Assim, é realizado um mapeamento do fluxo *input/output* conforme ilustrado na Figura 5 onde as principais entradas de matérias-primas no processo da secretaria são: o papel, a tinta e a energia. Foram analisados os seus custos e quantidades utilizadas por meio de matrizes globais da ferramenta Produção mais Limpa. A Tabela mostra a matriz global de custo e quantidade do papel.



Figura 5 – Fluxo input/output do papel na EGC - UFSC
Fonte: Autores.

Tabela 5 – Matriz global de custo e quantidade de papel

Tipo de papel	Quantidade/Mês	Quantidade/Ano	Custo R\$//Unidade	Custo Total por ano
Papel A4	1500	18000	R\$ 0,02	R\$ 360,00

Fonte: Autores.

Para esses materiais são gastos aproximadamente R\$ 360,00 anuais. Destaque para o fato que o departamento tem um consumo de R\$ 30,00 mensais apenas em compras de papeis. Observou-se que nesse departamento tem apenas uma impressora descrita na tabela 6.

Tabela 6 – Matriz global de custo e quantidades de toner/cartuchos

Tipo de impressora	Quantidade/Mês	Custo/Anual
Multifuncional	0,17	R\$ 150,00

Fonte: Autores.

O departamento apresenta um consumo anual de R\$ 150,00 em toner para a impressora. Na infraestrutura física ainda estão: 04 computadores com estabilizadores, 01 fotocopadora, 01 fax, 02 telefones sem fio com baterias, 01 filtro de água e 01 cafeteira. Devido à forma do contrato elétrico com a concessionária a universidade não se tem valores de consumo de energia por departamento, dificultando um cálculo específico e ponderado. Da mesma forma todas as redes de energia, foram modernizadas e adequadas para evitar desperdícios de energia e danos para as máquinas e aos equipamentos. Uma vez que, se pode calcular um valor estimado para o consumo de energia por cada equipamento, é possível transformar em unidades monetárias. A Tabela 7 mostra este resultado.

Tabela 7 – Matriz global do consumo de energia gasta no processo do papel

Matriz de gasto de energia					
Aparelho	Watts	KW	Consumo R\$/Kw/h	Consumo R\$/Kw/hTrab.	Consumo R\$/Kw/mês
Computador	360	0.36	0.0864	0.6912	15.2064
Computador	360	0.36	0.0864	0.6912	15.2064
Computador	360	0.36	0.0864	0.6912	15.2064
Computador	360	0.36	0.0864	0.6912	15.2064
Multifuncional	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Estabilizador	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Xerocadora	540	0.54	0.1296	1.0368	22.8096
Fax	60	0.06	0.0144	0.1152	2.5344
Telefone sem fio	8	0.008	0.00192	0.01536	0.33792
Telefone sem fio	8	0.008	0.00192	0.01536	0.33792
Cafeteira	590	0.59	0.1416	1.1328	24.9216
Filtro de água	110	0.11	0.0264	0.2112	4.6464
TOTAL	3116	3.116	0.74784	5.98272	131.6198

Fonte: Autores.

O departamento tem um consumo médio de 3,11 Kw/h por mês tendo um gasto de R\$ 131,62, totalizando um gasto anual de energia em aproximadamente R\$ 1.579,44. Através da análise de custos pode-se observar que o departamento tem um gasto mensal de R\$ 174,12 e um gasto anual de R\$ 2.089,440 com papeis, tintas de impressoras e energia. Com base nos dados apresentados, pode-se realizar uma análise de toda a utilização do departamento em relação ao uso do papel e conseqüentemente o consumo de tintas de impressoras e de energia gasta, e desta maneira avaliar os impactos causados pela utilização deste, ou por seu desperdício, conforme mostra a Tabela 8.

Tabela 4 – Matriz global de custos de resíduos gerados e a eficiência de processo

RESÍDUOS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
	Quant.	Custo	Custo total	Quant.	Custo	***Preço venda	Ganho com venda de resíduos	Custo resíduo relacionado à MP	Custo total resíduo	Quant. Produto produzido	Eficiência emprego da MP
	MP	MP	MP	Resíduos	(armazenagem, transporte e disposição)						
	Uni.	R\$	R\$	Uni./ano	R\$/Uni.	R\$/Uni.	R\$	R\$/Uni.	Uni.	Uni.	%
	A	B	C=A+B	D	E=D*0,00	F=D*0,00	G=F-E	H=B*D	I=(E+H)-F	J	L
Multifuncional	2	75	150	1	0	0	0	75	75	15.500	85
Papel A4	18.000	0,2	3.600,00	1800	0	0	0	360	360	16.200	90

Fonte: Autores.

4.4. Avaliação de Impacto

4.4.1. PPGE e EGC

A quantidade de resíduos gerados por cada impressora, em relação a cartuchos e aos toners, é relativamente pequena e a demanda de papel é pequena. O custo de armazenagem, transporte e disposição não foram contabilizados nos cálculos. O preço de venda foi desconsiderado, pois como a Instituição é uma organização da Administração Pública, fica sujeita ao decreto no 5940 de 25/10/2006 que estabelece a doação de materiais recicláveis às cooperativas e associação de catadores.

O custo do resíduo relacionado à matéria-prima, de uma forma mais objetiva, é a quantificação das perdas financeiras associadas ao processo de geração do resíduo. Os valores permanecem entre R\$ 120,00 a R\$ 375,00/tipo para o PPGE e entre R\$ 75,00 e R\$ 360,00/tipo para o EGC. Estes dados estão diretamente ligados com a eficiência da impressora, tornando-se dependente do serviço que elas realizam bem como da qualidade. O custo total de um resíduo pode ser computado como sendo: (Custo do resíduo) = (Custo da matéria prima) + (Custo logístico e armazenagem) + (Custo de disposição) – (ganhos com comercialização). A eficiência é particular ao produto, pois depende do seu ciclo de vida, produção, utilização e descarte. Considerando-se a eficiência apenas do uso das matérias primas chegou-se a um índice superior a 90% para o uso do papel no setor pesquisado. A Tabela 9 mostra a matriz global da análise dos resíduos administrativos com quantidade, toxicidade, requisitos legais e o seu custo.

Tabela 9 – Matriz global da análise de resíduos administrativos no PPGE – UFSC

Resíduo	Análise de quantidade	Análise de toxicidade	Análise de requisitos legal	Análise de custo
	Quantidade (Uni.)	É tóxico? (sim ou não)	Existem exigências legais?	Custo total do resíduo (R\$)
Papel	1200	não	Sim	240
Cartuchos de impressoras	8	sim	Sim	240
Toners de impressoras	10	sim	Sim	750
Equipamentos informatizados	1	sim	Sim	-

Fonte: Autores.

Tabela 10 – Matriz global da análise de resíduos administrativos no EGC – UFSC

Resíduo	Análise de quantidade	Análise de toxicidade	Análise de requisitos legal	Análise de custo
	Quantidade (Uni.)	É tóxico? (sim ou não)	Existem exigências legais?	Custo total do resíduo (R\$)
Papel	1800	não	Sim	360
Cartuchos de impressoras	0,5	sim	Sim	38
Toners de impressoras	0,5	sim	Sim	38
Equipamentos informatizados	1	sim	Sim	-

Fonte: Autores.

Os cartuchos de impressoras são resíduos que podem ser reutilizados, do total de cartuchos originais vendidos no mercado, 40% voltam a ser utilizados, ou seja, são recarregados. Porém são tóxicos quando descartados no meio ambiente, ocasionando contaminação do solo e água. Seu descarte pode levar a custos agregados. Os cartuchos e seus componentes são, juntamente com o toner, a matéria prima básica da remanufatura. Um cartucho de toner que não estiver em condição de uso poderá ser reciclado completamente de forma a voltar a funcionar sendo que o remanufaturador terá condições não apenas de recarregar, mas verdadeiramente remanufaturar limpando as peças, corrigindo problemas ou substituindo as partes danificadas. Mesmo cartuchos danificados terão valor comercial para o remanufaturador posto que os mesmos possam suprir algumas peças em boas condições que serão úteis para a reciclagem de outros cartuchos similares.

Os equipamentos informatizados quando ocorre algum dano são destinados a um departamento interno da Instituição, que é no Almoxarifado Central dentro do Departamento de Compras que verifica no estoque físico a existência de material com defeito e em desuso e propõe a Administração Superior fazer a destinação final deles ou para que sejam reparados sem custo de manutenção para o setor analisado. Para estes equipamentos informatizados ainda não se tem nenhuma legislação específica do Governo e nem um sistema de recolhimento dos aparelhos sucateados.

A Tabela 11 apresenta a matriz global das causas da geração dos resíduos administrativos. Observou-se que as causas pelo desperdício de papel estavam relacionadas à: tintas de má qualidade, defeitos de fábrica, documentos errados impressos, entre outros. Outro ponto observado foi à perda da validade dos produtos, para as tintas das impressoras, pois uma vez que o prazo esteja vencido, os gastos posteriores serão maiores, e junto com eles a geração de resíduos também aumentara.

Tabela 11 – Causas de Geração de Resíduos

Causas de geração de resíduos	Resíduos sólidos	Cartuchos de impressora	Toner de impressoras	Equipamentos informatizados
Estocagem	x	x	x	x
Falta de manutenção				x
Impressão errada	x	x	x	
Impurezas das tintas	x	x	x	
Perdas devidas à má impressão	x			
Perda de validade	x	x	x	
Material de embalagem	x			

Fonte: Autores.

4.5. Interpretação

4.5.1. PPGE e EGC

Após a coleta das informações necessárias para realizar a avaliação de impacto, pode-se realizar a interpretação deste, para que desta maneira seja demonstrado o que realmente está ocorrendo no quesito meio ambiente e desperdício de papel nos dois setores avaliados. O papel reciclado está se transformando na melhor opção quando o assunto é sustentabilidade.

Hoje, em função da diminuição da margem de lucro e do aumento da produção, é possível comprar papel reciclado por praticamente o mesmo valor que o papel virgem. Na Europa, por ter um uso industrial mais forte e um ciclo de reciclagem mais eficiente do que no Brasil, o papel reciclado chega a ser mais barato do que o tradicional. 50 kg de papel reciclado evitam o corte de uma árvore de sete anos.

Cada tonelada de papel reciclado pode substituir o plantio de até 350 m² de monocultura de eucalipto. Uma tonelada de papel reciclado economiza 20 mil litros de água e 1.200 litros de óleo combustível. Sem contar que a reciclagem de papel gera milhares de empregos: dos catadores de papel aos empregados em empresas de intermediação e recicladoras.

O Cempre (Compromisso Empresarial para Reciclagem) fornece manual e cartilhas que orientam como montar um programa de coleta seletiva. A utilização dos dois lados para a impressão do papel também economizaria cerca de 25% da quantidade de papel. Assim, podem-se mostrar as oportunidades de minimização de resíduos pela ferramenta Produção mais Limpa no quadro 1, que avalia os aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

Oportunidades	Justificativa	Considerações			Prazo de implementação	Nível da PML
		Técnica	Econômica	Ambiental		
Utilizar papel reciclado sempre que possível	Diminui a utilização do papel branco, minimizando assim o corte de árvores		O preço do pacote de papel reciclado é o mesmo do papel comum	Evitará o corte desnecessário de árvores	Imediato	Nível 1 substituição de matéria-prima
Fazer rascunhos com os papéis impressos errados	Maior utilização do papel antes de ir direto ao lixo		Sem nenhum custo	Reutilização apropriada do papel que iria para o lixo	Imediato	Nível 2 reciclagem interna
Fazer reciclagem do papel nos setores	Reduz o corte de árvores, cada 50 quilos de papel reciclado, uma árvore deixa de ser cortada		Não terá gasto nenhum, apenas uma coleta seletiva	Aumentará o número de papel reciclado, diminuindo o impacto ambiental	Imediato	Nível 3 reciclagem externa

Quadro 1 – Estrutura das oportunidades de minimização de resíduos pela PML

Fonte: Autores.

No departamento de Engenharia de Conhecimento só é feita a reciclagem pela UFSC, já no departamento de Pós-graduação de Engenharia de Produção os papéis errados são utilizados como rascunho e é feita a reciclagem do resto dos papéis pela Universidade.

4.6. Propostas de melhorias

Com o estudo detalhado da situação nos dois departamentos, podem ser propostas algumas melhorias para que não seja gasto tanto papel. Podem utilizar os papeis impressos errados para rascunhos. E para evitar a impressão errada, corrigir as falhas no próprio monitor do computador antes de imprimir. Os papeis podem ser impressos na frente e no verso quando não são documentos muito importantes. Também podem utilizar papel reciclado que tem o mesmo custo e não é tão prejudicial para o meio ambiente, pois os impactos causados ao meio ambiente são minimizados pelo corte das árvores. Contudo esta demanda de papel reciclado não necessariamente precisaria abranger todo o setor, mas sim para aquelas informações que não é necessário imprimir em papel branco.

Na questão de energia é possível reduzir os gastos, desligando os monitores e as impressoras por completo quando não estão sendo utilizados, pois mesmo desligadas consomem energia, para que assim não gastassem nenhum tipo de energia. Sabendo que quando não estão em uso, mas estão conectadas na tomada, consomem cerca de 2 watts de energia.

Um dos pontos-chave da produção mais limpa é reduzir a emissão de resíduos e desperdícios durante o processo produtivo visando instrumentalizar o conceito e práticas do desenvolvimento sustentável. Abaixo são apresentadas as propostas de acordo com cada nível da Produção mais Limpa:

- a) Nível 1: Substituição de matéria-prima: Nesse nível a Instituição deveria utilizar o papel reciclado sempre que possível para diminuir a utilização do papel branco, minimizando assim o corte de árvores.
- b) Nível 2: Reciclagem Interna: A Instituição pesquisada reutiliza os papeis como rascunho, fazendo maior utilização do papel antes de ir direto ao lixo.
- c) Nível 3: Reciclagem Externa: Já ocorre à reciclagem externa de papeis nos departamentos da Universidade pesquisada. Em relação aos reagentes químicos, apenas são descartados os resíduos e poderia haver um controle nas soluções geradas mantendo em um recipiente próprio para ser encaminhado a uma empresa terceirizada para um fim apropriado.

Assim, a Universidade evitaria muitas vezes o descarte inadequado desses materiais e acarretando de uma maneira significativa no aumento da sua eficiência ambiental.

5. Considerações Finais

A sustentabilidade é o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro, sendo muito importante para assegurar a qualidade de vida para as gerações futuras e, para isso, é preciso que as empresas, o governo e a comunidade contribuam com práticas que podem ajudar o planeta. A maioria das empresas já está buscando novas práticas e se adaptando aos novos padrões ambientais, buscando produtos ecologicamente corretos, preservação do meio ambiente, processos de produção que não causam danos ambientais.

A sustentabilidade, a eco-eficiência e a preservação ambiental já se tornaram fatores de sobrevivência da organização e também de competitividade. No caso das universidades é importante, não pelo fato de competitividade, mas por envolver várias pessoas que podem ajudar na sustentabilidade do planeta. Nos departamentos analisados durante a pesquisa algumas praticas já são adotadas, porém ainda são recentes, pode-se observar também que algumas ações implementadas neles que buscam contribuir com o meio ambiente dentro dos conceitos do desenvolvimento sustentável e da produção mais limpa, são: a utilização matérias-primas de fontes renováveis e diminuindo a geração de resíduos, de forma a reduzir

o impacto negativo que ela vinha causando ao meio ambiente.

Outro exemplo de práticas para a sustentabilidade adotados na Universidade é o programa UFSC sem papel que tem como proposta reduzir o uso do papel na UFSC e também a diminuição do uso de cartuchos de impressora. Segundo a própria universidade, alguns dos motivos da digitalização são: a cada 172 processos digitalizados uma árvore é poupada, a medida acarretará o equivalente a 70% de economia em recursos materiais e mão de obra com o processo digital, 70% de agilidade na tramitação de processos digitais em relação aos tradicionais e 90% de redução no tempo de atendimento aos interessados.

Porem para obter melhores resultados nesse projeto é necessário que o sistema envolva todos os usuários, porque ele está diretamente relacionado a eles, e a informatização sozinha não resolve problemas e não funciona em nenhuma estrutura desorganizada, pois quem faz organização e a administração de uma estrutura são as pessoas, e não as máquinas.

Se todos os usuários do UFSC sem papel não o perceberem como ferramenta útil, por melhor que seja a tecnologia desse sistema, seus benefícios não vão aparecer e assim os impactos ambientais também não vão se reduzir. Por isso é necessário envolvimento e conscientização de todos para o bom uso do programa e assim a redução de papel, tintas, cartuchos que consequentemente a redução dos impactos ambientais causados por eles e uma maior eco-eficiência. Através da análise do papel nesses departamentos da Universidade Federal de Santa Catarina podem ser realizados os seguintes trabalhos no futuro: analisar o uso de papel nos outros departamentos da Universidade, como também em Instituições Privadas de Ensino Superior.

REFERENCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura**. NBR ISO 14.040, ABNT, Rio de Janeiro, 2006.

CEBDS (Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável). **Eco eficiência**. Disponível em: <<http://www.cebds.com>>. Acesso em: 30 ago, 2011.

CIAMBRONE, D. F. **Environmental Life Cycle Analysis**, Lewis Publisher, Boca Raton, 1997.

CNTL (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS). **Manual: Metodologia de Implantação do Programa de Produção Mais Limpa**. Porto Alegre, jan, 2002.

CURRAN, M. **Environmental life-cycle assessment**. McGraw-Hill, 1996.

EC (European Commission) - Joint Research Centre. **LCA Tools, service and data: Introduction to LCA**. Disponível em: <<http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/introduction.vm>>. Acesso em: 12 set. 2011.

FAVA, J. A. et al. **A Technical framework for life-cycle assessments**. Pensacola, FL: Society of Environmental Toxicology and Chemistry: SETAC Foundation for Environmental Education. 1991.

ISO. In: **Avaliação do ciclo de vida**. Disponível em <<http://acv.ibict.br/normas>>. Acesso em 30 ago. 2011.

UNEP, **Understanding Cleaner Production**. Disponível em: <http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm>. Acesso em 30 ago. 2011.

VAZ, C. R.; SELIG, P. M.; OLIVEIRA, I. L. **Análise do Ciclo de Vida do papel num departamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2011, Belo Horizonte. XXXII ENEGEP, 2011.