

Universidade Estadual Paulista

Paloma Cardoso de Figueiredo

CONSTRUÇÃO DE UMA
FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO
DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE
EMPRESAS DO SETOR DE
CELULOSE

Jaboticabal

2018

PALOMA CARDOSO DE FIGUEIREDO

CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA
PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO
AMBIENTAL DE EMPRESAS DO SETOR
DE CELULOSE

Dissertação apresentada à Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como
exigência parcial para obtenção do grau de
Mestre em Administração.

Área de Concentração: Gestão de Organizações
Agroindustriais

Orientador (a): Prof^aDr^a Andréia Marize
Rodrigues

Jaboticabal

2018

F475c Figueiredo, Paloma Cardoso de
Construção de uma ferramenta para avaliação de desempenho ambiental de empresas do setor de celulose / Paloma Cardoso de Figueiredo. -- Jaboticabal, 2018
xii, 76 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018
Orientadora: Andreia Marize Rodrigues
Banca examinadora: Otávio José de Oliveira, Ethel Cristina Chiari da Silva
Bibliografia

1. Gestão Ambiental. 2. Desempenho ambiental. 3. Indicadores ambientais. 4. Processo Kraft. 5. Branqueamento. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 658:502



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



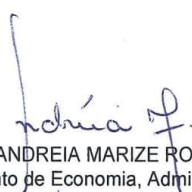
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

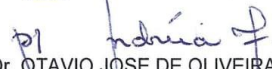
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DE
DESEMPENHO AMBIENTAL DE EMPRESAS DO SETOR DE CELULOSE

AUTORA: PALOMA CARDOSO DE FIGUEIREDO

ORIENTADORA: ANDREIA MARIZE RODRIGUES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ADMINISTRAÇÃO,
especialidade: Gestão de Organizações Agroindustriais pela Comissão Examinadora:


Prof. Dra. ANDREIA MARIZE RODRIGUES
Departamento de Economia, Administração e Educação / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. OTAVIO JOSE DE OLIVEIRA (Videoconferência)
Departamento de Engenharia de Produção / FEG / UNESP - Guaratinguetá


Prof. Dra. ETHEL CRISTINA CHIARI DA SILVA
Departamento de Engenharia de Produção / UNIARA - Araraquara/SP

Jaboticabal, 04 de setembro de 2018

DEDICATÓRIA

Ao meu Pai, Mãe e Irmãos pelo apoio e compreensão durante todo o processo de realização desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, meu pai, irmãos e todos os amigos que compreenderam e me auxiliaram de alguma forma para que este trabalho pudesse ser viabilizado;

Aos meus companheiros de trabalho e ao meu supervisor por sempre possibilitar que eu pudesse cumprir meus compromissos referentes à pesquisa, bem como suporte e apoio moral;

À minha orientadora, Andreia Marize Rodrigues que aceitou me orientar e teve paciência para que juntas, finalizássemos essa etapa com sucesso;

À minha amiga Renata Barbieri que sempre me apoiou e tornou a elaboração dessa dissertação com sua ajuda materna, porém exigente;

Aos meus colegas de mestrado pelo compartilhamento de idéias, ajuda com revisões e pela amizade e fraternidade que compartilhamos nesse tempo juntos;

À professora Glaucia Prates por toda a ajuda e hospitalidade, bem como auxílio junto ao corpo docente do campus da Unesp de Itapeva;

Às empresas que visitei e me receberam de portas abertas, juntamente com profissionais habilitados, capacitados e extremamente gentis, em especial ao Marcos e Robson;

Aos professores que ministraram aulas e serviram de suporte para esta etapa de realização da dissertação final;

Aos professores Otávio J. Oliveira do campus da Unesp de Guaratinguetá e a professora Ethel Cristina Chiari da Silva devido às contribuições na etapa da qualificação;

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse realizado. Agradeço imensamente!

EPÍGRAFE

“Algo só é impossível até que alguém
duvide e prove o contrário.”
Albert Einstein

Resumo: Os processos industriais podem gerar resíduos cujos impactos ambientais podem gerar discussões nas esferas sociais e empresariais. Entretanto, há uma distinção dos impactos ambientais provocados por processos manufatureiros de acordo com cada setor industrial. Dentre os setores que se apresentam com alto potencial de geração de resíduos em seus processos produtivos está o setor de celulose. A obtenção da celulose se dá por processos de polpação mecânica, química ou a combinação de ambas, porém, no contexto mundial e nacional, a imponente do processo químico Kraft com posterior branqueamento faz com que o Brasil se torne o quarto maior produtor de celulose do mundo. Desta maneira, o cenário do setor enfrenta um grande desafio: garantir que o processo produtivo seja inovador a ponto de proporcionar sustentabilidade e diminuição dos impactos ambientais. Este quadro demanda da indústria processadora um olhar constante para novas tecnologias, avaliações de desempenho e monitoramento de indicadores mediante o contexto apresentado. Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho consiste na elaboração de uma ferramenta que possa auxiliar as empresas produtoras de celulose Kraft branqueada a avaliarem seu desempenho ambiental com relação à destinação dada a seus resíduos. Trata-se de um trabalho que possui os objetivos específicos: refinamento da teoria de Análise de Desempenho Ambiental, mapeamento do processo produtivo de celulose branqueada e levantamento dos resíduos gerados, além da elaboração da ferramenta de avaliação. Ao final, como forma de exemplificar a aplicabilidade da ferramenta desenvolvida, foi aplicada em uma unidade produtiva do setor a partir da disponibilidade da mesma e cujos processos sejam de produção de celulose Kraft com posterior branqueamento para a comercialização cujo resultado da empresa é tal é de 82,871% segundo a Escala de Desempenho Global, devido ao bom desempenho busca na redução dos impactos ambientais resultantes do processo produtivo.

Palavras-chaves: Gestão Ambiental; Desempenho ambiental; Indicadores ambientais; Processo Kraft; Branqueamento.

Abstract: The Industrial processes can generate waste whose environmental impacts can generate discussions in the social and business spheres. However, there is a distinction of the environmental impacts caused by manufacturing processes according to each industrial sector. Among the sectors that present themselves with high potential for waste generation in their production processes is the pulp sector. The production of cellulose is by mechanical, chemical or combination processes, but in the world and national context, the magnitude of the Kraft chemical process with subsequent bleaching causes Brazil to become the fourth largest pulp producer in world. In this way, the industry scenario faces a great challenge: ensuring that the production process is innovative to the point of providing sustainability and reducing environmental impacts. This framework demands from the processing industry a constant look at new technologies, performance evaluations and monitoring of indicators through the presented context. In this sense, the general objective of this work is the elaboration of a tool that can help the companies producing bleached Kraft pulp to evaluate their environmental performance in relation to the destination given to their residues. It is a work that has the specific objectives: refinement of the theory of Environmental Performance Analysis, mapping of the production process of bleached pulp and collection of waste generated, and the elaboration of the evaluation tool. At the end, as a way to exemplify the applicability of the developed tool, it was applied in a productive unit of the sector from the availability of the same one and whose processes are of production of Kraft pulp with later bleaching for the commercialization whose result of the company is such is of 82.871% according to the Global Performance Scale, due to the good performance in the reduction of the environmental impacts resulting from the production process.

Keywords: Environmental Management; Environmental Performance; Environmental Indicators; Kraft Process; Bleaching.

Lista de Abreviaturas

ACV – Análise do Ciclo de Vida

ADA – Análise de Desempenho Ambiental

AHP – AnalyticHierarchyProcess

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Gás carbônico (dióxido de carbono)

COV – Composto Orgânico Volátil

D.A – Desempenho Ambiental

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

EMAS -Eco-ManagementandAuditScheme

ETE – Estação de tratamento de efluentes

G.A – Gestão Ambiental

GEE – Gases de Efeito Estufa

I.A – Impacto Ambiental

I.D.A – Indicadores de Desempenho Ambiental

H₂O – Água

NO – Óxido de Nitrogênio

NO₂ – Dióxido de Nitrogênio

MP – Materiais Particulados

PIB – Produto Interno Bruto

PH - Potencial Hidrogeniônico

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

Lista de Figuras

Figura 1. Relação macro e micro da G.A.....	18
Figura 2. Integração da G.A.....	20
Figura 3. Ciclo de Vida da produção de celulose.....	22
Figura 4. Fases de planejamento de um SGA.....	25
Figura 5. O ciclo PDCA na Norma ISO 14001.....	26
Figura 6. Conjunto de normas ISSO 14000.....	28
Figura 7. Contextualização de ADA.....	41
Figura 8. Ciclo recuperação do licor negro.....	49
Figura 9. Mapeamento do processo Kraft.....	51

Lista de Quadros

Quadro 1. Referencial sobre Avaliação de Impacto Ambiental.....	35
Quadro 2. Indicadores Ambientais segundo referencial metodológico.....	37
Quadro 3. Formação do Grupo Focado	40
Quadro 4. Sintetização processos de celulose	44
Quadro 5. Estágios da polpação.....	56
Quadro 6. Relação de resíduos do processo.....	54
Quadro 7. Classificação resíduos	57
Quadro 8. Relação de Resíduos de Processos Produtivos da obtenção de celulose	59
Quadro 9. Relação de Indicadores ponderados	62
Quadro 10. Escala de Desempenho Global	63
Quadro 11. Avaliação de Desempenho Ambiental	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	14
1.2 Justificativas	15
2. GESTÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL	17
2.1 Gestão Ambiental Empresarial	17
2.1.1 Práticas de Gestão Ambiental	19
2.1.1.1 Avaliação do Ciclo de Vida	20
2.1.1.2 Projeto para Meio Ambiente	22
2.2 Sistema de Gestão Ambiental	22
2.2.1 ISO 14000	24
2.2.2 EMAS	28
2.3 Avaliação de Desempenho Ambiental	29
2.3.1 Método de Avaliação do Impacto	31
3. MÉTODOS	37
3.1 Mapeamento do Processo Produtivo de celulose Kraft branqueada e levantamento dos resíduos gerados	37
3.2 Elaboração da Ferramenta	37
4. INDÚSTRIA DE CELULOSE BRANQUEADA, PROCESSO PRODUTIVO E RESÍDUOS GERADOS	42
4.1 Aspectos Gerais da Produção de Celulose Branqueada	42
4.2 Processo Produtivo da Indústria de Celulose Branqueada	44
4.3 Resíduos Gerados no Processo	50
5. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL	59
5.1 Definição e Ponderação dos Aspectos	59
5.2 Definição, Ponderação dos Indicadores e Criação de Escalas de Medição	60
5.3 Índice de Desempenho Ambiental e Escala de Avaliação	61
5.4 Aplicação da Ferramenta Proposta	62
6. CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

1. INTRODUÇÃO

As operações produtivas necessárias à atividade industrial geram impactos ambientais negativos que se iniciam na extração matérias-primas, passando pelas emissões geradas em operações produtivas e chegando à destinação do produto ao final de sua vida útil. Além disso, os processos produtivos demandam energia, normalmente advinda de recursos naturais (BARBIERI, 2016).

Desta maneira, partir dos anos de 1960, a percepção sobre possíveis consequências negativas das atividades organizacionais deu início a uma conscientização sobre a manutenção das operações produtivas e a preservação do meio ambiente. Assim, encontros como a ECO-92 no Rio de Janeiro e a assinatura do Protocolo de Quioto, em 1998, promoveram, respectivamente, debates sobre o desenvolvimento sustentável e práticas ambientais e estipularam metas sobre emissões gasosas e impactos ambientais (SELLITTO et al., 2010).

O desenvolvimento sustentável é definido como capaz de suprir as necessidades de geração sem comprometer a necessidade de abastecimento futuro, a fim de evitar o esgotamento de recursos para as futuras gerações (MOTA, OLIVEIRA e INADA, 2014).

Com isso, ganha destaque a responsabilização das partes geradoras de impactos ambientais negativos, incentivando autoridades governamentais a aumentarem a fiscalização através de legislações ambientais mais rígidas e levando a sociedade a uma maior atenção aos prejuízos ambientais provocados por atividades produtivas. Isto levou as organizações a visualizarem a adequação de suas operações ao desenvolvimento sustentável visando a sua sobrevivência mercadológica. Neste sentido, empresas têm adotado estratégias específicas para abordar questões ambientais com a adequação de seus processos produtivos e o monitoramento da geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas advinda destes processos (GUTIERRES, 2013; ANTONOV e SELLITTO, 2011).

Em vista disto, para alcançar a diminuição de impactos ambientais negativos no ciclo de vida produtivo é necessário que se realize o monitoramento das operações realizadas a partir de indicadores específicos para a avaliação de desempenho ambiental das atividades realizadas (TRIERWEILLER et al., 2013; SHEN et al., 2013; ANDRADE et al., 2013; SELLITTO, et al., 2010).

No entanto, dadas às especificidades das operações de cada indústria, há uma distinção das emissões gasosas, dos resíduos sólidos e dos efluentes líquidos gerados.

Um dos setores apontados como um dos maiores poluidores é a indústria produtora de celulose branqueada que se apresenta como o sexto setor mais poluente em nível mundial devido às descargas de poluentes gasosos, líquidos e sólidos no ambiente, envolvidas no processo (COELHO e COELHO, 2013).

Esta indústria é responsável pela extração celulósica que visa a transformar a madeira em polpa celulósica. Esta extração pode se dar através da utilização de energia mecânica, química ou a combinação entre elas, o que resulta em pastas de celulose de diferentes características e rendimentos que serão destinados à fabricação de papel e derivados (FERNANDES, 2011; REIS et al., 2014).

O processo mais difundido no mercado mundial com cerca de 90% de toda produção é a celulose química por sulfato (Kraft), combinada ou não de branqueamento posterior e, no Brasil, este processo corresponde por 95% de toda celulose comercializada. No entanto, processo fabril de celulose é considerado como uma atividade com elevado grau de impacto ambiental devido aos altos volumes de água em processos produtivos de polpação e branqueamento como também pelo uso de produtos químicos para degradação da lignina e branqueamento da polpa. Além disso, nos processos apresentados nota-se a geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas de elevado potencial poluidoras (MARQUES et al., 2014).

O Brasil se apresenta como sendo um dos maiores produtores de celulose mundial sendo que em 2013 sua produção atingiu cerca de 15,1 milhões de toneladas de celulose. No entanto, desta produção foram geradas cerca de 365 mil toneladas de resíduos (MODOLO, et al., 2010; REIS et al., 2014; SIQUEIRA, et al., 2015).

Assim sendo, esta indústria frequentemente têm sido alvo de discussões sobre a mitigação na geração de resíduos e sobre sua melhor destinação do ponto de vista ambiental. No entanto, não foi verificada na literatura uma ferramenta específica para a avaliação do desempenho ambiental da destinação dos resíduos gerados na produção de celulose e de seu posterior branqueamento.

1.1. Objetivos

O objetivo deste trabalho consiste na elaboração de uma ferramenta quantitativa que possa auxiliar as empresas pertencentes à indústria produtora de celulose Kraft com posterior branqueamento na avaliação de seu desempenho ambiental relativo à destinação de seus resíduos gerados nas etapas industriais.

Para o atendimento deste objetivo geral, tem-se como objetivos específicos:

- a) Levantamento das principais características de Gestão Ambiental, Sistema de Gestão Ambiental e Mecanismos de Avaliação de Desempenho Ambiental;
- b) Mapeamento das etapas industriais do processo produtivo de produção de celulose e branqueamento e os resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas gerados em cada etapa produtiva;
- c) Construção de um rol de indicadores que permita o levantamento e análise do desempenho ambiental relativo à destinação dos resíduos anteriormente levantados;
- d) Aplicação prática da ferramenta desenvolvida em uma empresa produtora de celulose Kraft branqueada.

1.2. Justificativas

Atualmente é possível observar a ocorrência, por parte das organizações, de um aumento da preocupação dos impactos ambientais negativos de suas operações. Este fator tem levado as organizações a práticas sustentáveis como a adoção de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) (OLIVEIRA, et al., 2015).

No entanto, a avaliação do desempenho ambiental prevista nos SGA pressupõe a utilização de uma série de indicadores como forma de monitorar as práticas ambientais adotadas pelas empresas. E dentre estas práticas ambientais destaque é dado à destinação seguida por uma empresa em relação aos resíduos gerados em seus processos industriais. Assim, tornam-se interessantes trabalhos que contemplem ferramentas que visem à medição do desempenho com relação ao tratamento dados aos resíduos sólidos, efluentes líquidos e às emissões gasosas gerados em suas operações (MARTINS e SILVA, 2014).

Por outro lado, a indústria de celulose branqueada se destaca dentre as empresas mais poluentes do ponto de vista da geração de resíduos. A extração de celulose pelo processo Kraft gera resíduos diversificados, incluindo desde resíduos sólidos inorgânicos, *grits* derivados de caustificação do licor negro, *dregs*, lama de cal, emissões gasosas e efluentes químicos, cinzas e odores. Dados de processos produtivos apontam que para cada 100 toneladas de celulose produzida são geradas em torno de 48 toneladas de resíduos e cerca de 200 m³ de águas residuais por tonelada de pasta produzida. Já os impactos ambientais associados ao processo de branqueamento referem-se ao uso de agentes químicos contendo cloro e substâncias corrosivas cujos efluentes podem afetar a vida aquática caso sejam despejados diretamente no ambiente (MACIEL et al., 2015; MELO et al., 2015; BLOEMHOF-RUWAARD et al., 1996).

Somado a este potencial poluidor, a indústria de celulose branqueada se constitui em uma indústria representativa para o contexto brasileiro, responsável pelo PIB nacional, tornando-se importante o desenvolvimento de ferramentas que visem ao seu aprimoramento ambiental. Segundo FAGUNDES, VIANA, *et al.*, (2012), no Brasil, os processos de produção celulósica podem ser diferenciados por três formatos: processo Kraft (81% do volume produzido); processo soda (12%); e por demais processos (7%). Na continuidade do processo produtivo da celulose no contexto mundial, a formação se dá principalmente por pasta branqueada de processo químico, onde deste total 44% provém de celulose de fibra longa branqueada. Frente a este contexto optou-se pela análise da produção celulósica química (Kraft) com posterior branqueamento.

Assim, o desenvolvimento de uma ferramenta específica para a avaliação do desempenho ambiental relativo à destinação dos resíduos gerados nas etapas industriais de empresas do setor poderá ser útil ao acompanhamento das práticas ambientais, revelando caminhos para a adoção de melhoria contínua acerca de seus processos produtivos integrados.

1.3. Estrutura do Trabalho

Diante do objetivo proposto, este trabalho encontra-se estruturado em seis capítulos, a contar com esta introdução. O segundo capítulo apresenta a revisão teórica sobre principais temas que permeiam este trabalho: a) o conceito e as práticas de Gestão Ambiental Empresarial; b) desempenho ambiental: métodos de avaliação e indicadores; c) o setor de celulose e os impactos ambientais da cadeia produtiva.

O terceiro capítulo aborda a descrição do método de pesquisa adotado neste trabalho, com detalhamento das fases da pesquisa. A apresentação do processo produtivo, produtos, e resíduos gerados pelo processo ficam por conta do quarto capítulo, no qual são abordados os aspectos mais importantes referentes ao setor de celulose pelo processo Kraft com posterior branqueamento.

O quinto capítulo, por sua vez, expõe a ferramenta proposta e apresenta um exemplo de aplicação em uma empresa do setor. E, por fim, no sexto capítulo são apresentadas as considerações finais acerca da ferramenta proposta.

2. GESTÃO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL

Este capítulo tem por objetivo discutir os principais assuntos que permeiam este trabalho. Inicialmente são definidos os conceitos de Gestão Ambiental Empresarial e suas práticas, avaliação do ciclo de vida, projeto para o meio ambiente, sistemas de gestão ambiental, Avaliação de Desempenho Ambiental e seus métodos e Indicadores de Avaliação Ambiental.

2.1 Gestão Ambiental Empresarial

A Gestão Ambiental Empresarial pode ser definida como as diretrizes e atividades administrativas realizadas por uma organização para alcançar efeitos positivos sobre o meio ambiente através de instrumentos explícitos para alcance de benefícios específicos enquanto que implicitamente é exigida uma postura revolucionária de organizações. Podem ser reativas – de uso corretivo - e proativas e As influências de uma gestão ambiental empresarial podem ser exemplificadas a partir de três esferas e influências político-sociais: sociedade que interage a partir de pressões às autoridades governamentais para envolvimento de empresas (BARBIERI, 2016).

Essa relação pode ser verificada a partir da Figura 1 abaixo, na qual é perceptível a relação do governo, mercado e sociedade em conjuntura com as empresas a partir da Gestão Ambiental:

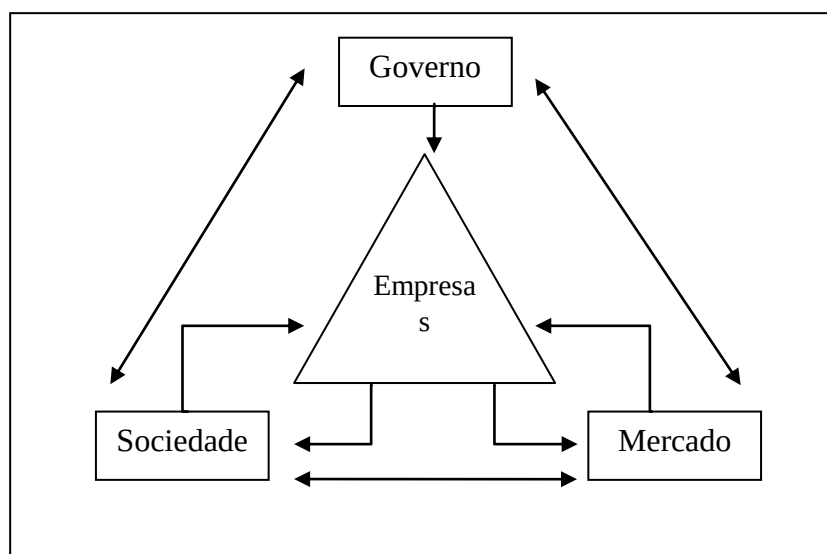


Figura 1: Relação macro e micro da G.A
Fonte: Adaptado de Barbieri (2016)

Na prática, a Gestão Ambiental dentro das organizações através da responsabilização pelo atendimento às exigências legislativas e realizar o controle ambiental apropriado à realidade e potenciais impactos na organização (MOREIRA, 2013).

Frente a esta temática, este capítulo visa abordar a temática da Gestão Ambiental através de conceitos abordados da Avaliação do Desempenho Ambiental (ADA), com a principalmente definição dada pela NBR ISO 14.000. Para arrematar a conclusão dos métodos, foram consultadas na bibliografia acadêmica ferramentas utilizadas em alguns estudos para a ADA, como os trabalhos de LUZ et al. (2006), RODRIGUES (2014); ZEVIANI et al. (2013), ALMEIDA et al.(2013), REBELATO, et al. (2016), ANDRADE, et al. (2013), RODRIGUES et al. (2015), ANTONOV et al. (2011), BARBIERI (2008), MIRANDA (2008), ALENCAR et al. (2015), BLOEMHOF-RUWAARD et al. (1996), GONZÁLEZ-GARCÍA, et al. (2010), GONZÁLEZ-GARCÍA, et al. (2009) dentre outros autores.

A G.A objetiva a busca sustentável e focada na transformação dos processos de negócios, a partir da alavancagem de técnica de infraestrutura em empresas que percebem recursos naturais como críticos para sobrevivência em um nível maior de pressão ambiental do mercado. Os processos de gestão melhoram o D. A, que, por sua vez, ajuda as empresas a reduzir seu I.A, resultando em economia de custos e reputação melhoria (WANGA, et al., 2015).

Através da G.A as operações industriais obtêm vantagens ao adotar diretrizes e metas futuras de preservação cuja política objetiva atender responsabilidades através de indicadores e aspectos impactantes ambientalmente. A coordenação e gerenciamento de atividades ambientais dentro da organização visam solucionar as problemáticas referentes a práticas que possam interferir no planejamento futuro, além de fundamentar o alcance de melhorias externas e tomada de decisões a respeito do tema (ALMEIDA e SELLITTO, 2013; LOPES, 2015; MÄKELÄ, 2017; MAZZI et al., 2012; GUTIERRES, 2013; ZEVIANI, et al.2013).

As ações de G.A são desenvolvidas a partir de identificação de aspectos de provocar impactos ambientais e formas de controle desses aspectos, considerando custos, soluções sustentáveis, legislações específicas, implantação e manutenção de sistema de controle (ADISSI, PINHEIRO, e CARDOSO, 2013).

A Figura 2 relaciona como a G.A tem sua desmembração em dois aspectos principais, a contar da óptica de Avaliação da empresa ou do produto, e para estas são

aplicados tanto o Sistema de Gestão Ambiental quanto a Avaliação do Ciclo de Vida do produto como serão estudados mais adiante.

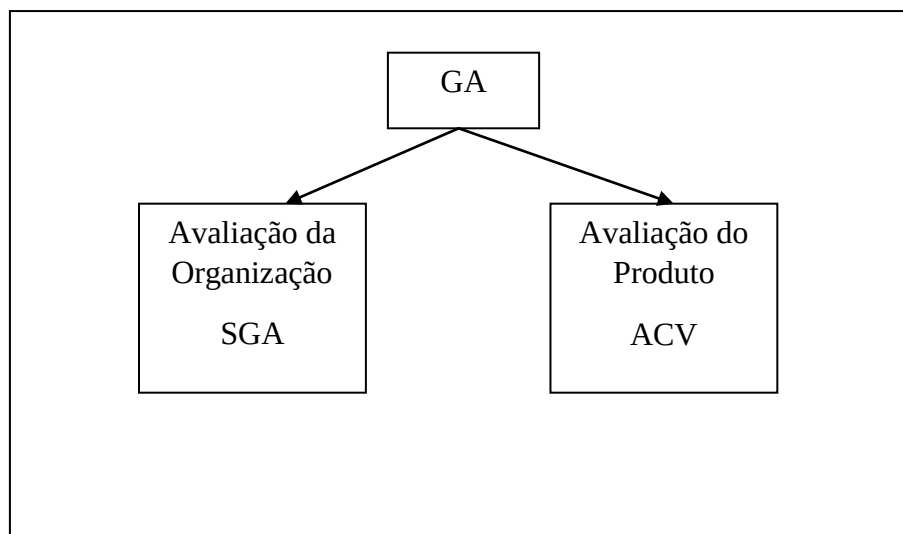


Figura 2: Interação da G.A

Fonte: Adaptado Moreira 2013

2.1.1 Práticas de Gestão Ambiental

Estratégias organizacionais para o desenvolvimento sustentável e governança corporativa – sistema pelo qual as organizações são dirigidas e através de princípios alinhados ao interesse de preservação e otimização de valor da organização. Para que o desenvolvimento sustentável é necessário um tripé baseado em proteção ambiental, estabilidade econômica e responsabilidade social (ADISSI, PINHEIRO, e CARDOSO, 2013).

Dentre as práticas ambientais existentes da G.A, os modelos que, segundo Barbieri (2016) e Adissi, Pinheiro e Cardoso (2013), podem se destacar:

- a) Administração da Qualidade Ambiental Total ou TQM (*Total Quality Management*): envolve a integração da organização em um esforço contínuo para a produção atenda às expectativas do mercado através de melhorias contínuas em processos, identificação de custos e ações corretivas. Para Moreira (2013), abordam cinco dimensões principais: qualidade intrínseca, preço, atendimento, moral dos empregados e segurança.

- b) Produção mais limpa: é uma abordagem preventiva aplicada a processos a fim de diminuir os impactos sobre o meio ambiente através de uma estratégia econômica ambiental e aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos, já que estes representam ônus monetário além de implicações à imagem da empresa.
- c) Ecoeficiência: consiste em práticas de redução de materiais e energia ao longo do sistema enquanto que há um aumento de produtividade através da redução de pressões, promovendo a redução do impacto ambiental e medida em período (valor do produto x IA) e quanto maior o valor, maior a capacidade em criar valor econômico;
- d) Projeto para o Meio Ambiente: é um modelo de gestão de produtos e processos que leva em consideração aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos/processos.
- e) *Ecodesign(design for environment)*: é a integração sistemática de aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos oferecendo novas perspectivas as organizações a fim de alcançar a competitividade e inovação, sendo baseado em abordagem holística ou através do ciclo de vida.

2.1.1.1 Avaliação do Ciclo de Vida

A Avaliação de Ciclo de Vida fornece informações importantes referentes a impactos ambientais desde a extração do recurso até o descarte final a fim de avaliar os I.A's e sustentabilidade. Onde as informações de cada processo devem constar nas etapas iniciais e finais a fim de incluir mais de um processo. A ACV tem sido usada na tomada de decisões tanto para o desenvolvimento do produto quanto para a gestão (ADISSI, PINHEIRO e CARDOSO, 2013).

Barbieri et al.(2009) define como Ciclo de Vida:

“(...) um conjunto de etapas consecutivas pelas vão sendo transformados os diversos insumos, dado que em cada etapa novos recursos são utilizados e resíduos são produzidos. É uma sequência de fases relacionadas que abrange desde a concepção e operações até o final da vida onde ocorrem transformações dos materiais e energia na manufatura. Porém, para a redução da necessidade de recursos naturais e lançamentos dos resíduos, é preciso conhecer os impactos ambientais específicos de cada etapa da cadeia produtiva. Como os problemas ambientais são transferidos de uma etapa para outra permite atuar com mais eficácia tanto sobre os problemas ambientais dos produtos quanto sobre a concepção e inovações de produtos e processos a

fim de reduzir os resíduos antes de gerados, e, assim, facilitar a recuperação de materiais pós-consumo.”

O ciclo físico formado pelos estágios do processo de produção e comercialização desde a origem de recursos produtivos até a disposição final após o consumo (berço ao túmulo) se às atividades realizadas numa cadeia de suprimento onde a contribuição é direta ou indireta. A ACV é um instrumento que avalia os impactos de um produto ao longo da cadeia produtiva e auxilia na regulamentação ambiental e o estudo envolve 4 fases: desenvolvimento, planejamento, políticas, marketing. Visa processar uma quantidade de dados e realizar cálculos que seriam inviáveis, já que a ACV se baseia é reduzido ao estágio que a empresa foca em resultados de melhoria, sendo as exclusões permitidas caso não haja mudanças enquanto que, a ACV simplificada não substitui as normas ISO (BARBIERI, 2016).

O processo do ciclo de vida em uma empresa de celulose é visto a partir da Figura 3 onde são abordados os principais aspectos relacionados ao sistema produtivo do Kraft.

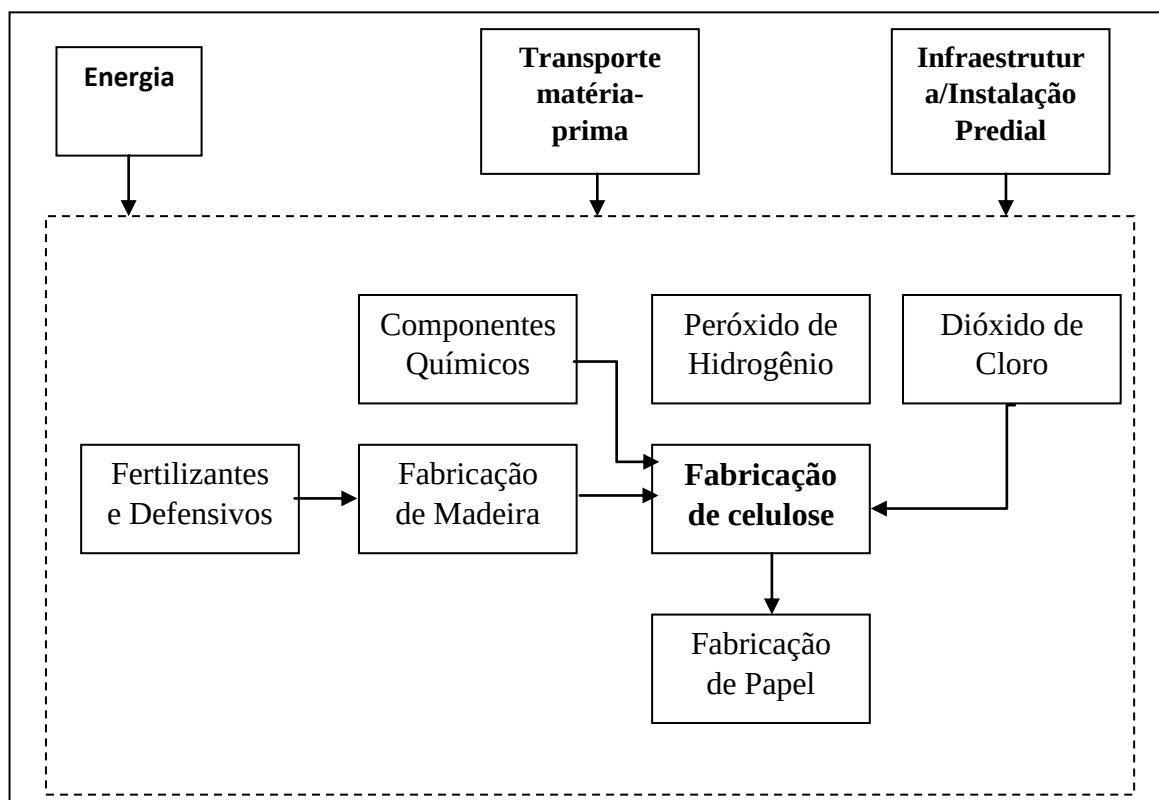


Figura 3: Ciclo de Vida da Produção de Celulose
Fonte: Elaboração Própria

A avaliação do ciclo de vida avalia as consequências das atividades de uma empresa desde a aos insumos até fases posteriores de uso do produto e seu descarte como resíduo produto e processo de produção, através da identificação e quantificação dos parâmetros de operação avaliando o potencial de impacto sobre o meio ambiente e os recursos utilizados ao longo do processamento de produtos até a gestão dos resíduos (FERREIRA, 2014).

Barbieri et al.(2009) define como Avaliação do Ciclo de Vida:

“(...) um instrumento de gestão ambiental que estabelece objetivos e melhorias a partir da ISO 14000 referentes ao berço - meio ambiente de onde são extraídos os recursos naturais - e túmulo - meio ambiente enquanto destino final dos resíduos de produção e consumo que não foram reusados ou reciclados - de um processo ou produto e os impactos e aspectos ambientais acumulados ao longo do ciclo de vida são mensurados. Para a implantação da Avaliação do Ciclo de Vida as informações de toda vida útil do objeto, além de um escopo que define os objetivos e limitações da avaliação dos impactos ambientais de cada processo e ser analisado seu inventário com o levantamento de dados contendo a base de consumos e a emissões de cada etapa dos processos.”

2.1.1.2 Projeto para Meio Ambiente

Os modelos de G.A se aplicam ao desenvolvimento de produtos e processos de produção baseado nas crescentes preocupações de organizações em relação ao desenvolvimento de produtos. O sistema do método para melhorar o desempenho ao longo do ciclo de vida do produto e processo através de inovações que minimizam a poluição através da diminuição dos problemas ambientais na fase do projeto, pois os custos aumentam a fim de efetuar as modificações após a conclusão do processo de inovação(BARBIERI, 2016).

Estas práticas podem ainda ser sistematizadas através de SGA.

2.2 Sistema de Gestão Ambiental

Define-se por Sistema de Gestão Ambiental uma visão estratégica preventiva em relação ao Meio Ambiente envolvendo a responsabilidade ambiental na aplicação de rejeitos, substituição de insumos, perdas no processo, redução do consumo de energia, utilização de combustíveis alternativos e mudanças tecnológicas. A implantação de um SGA se faz necessária devido a mudança de postura por parte da organização, além de garantir melhor D.A, reduzir os desperdícios, prevenir riscos, disseminar as

responsabilidades e homogeneizar a forma de gerenciamento. Como ganho ao adotar o SGA destaca-se a qualidade do produto, controle ambiental, segurança no trabalho. Para colocar o SGA em prática é necessário: i) definição do escopo; ii) recursos e posicionamento estratégico; iii) fornecimento de infraestrutura; iv) apoio técnico (MOREIRA, 2013).

É esperado que um SGA estabeleça uma política ambiental e uma estrutura de programas de implementação política que identifique os aspectos ambientais, facilitando assim, as atividades de planejamento, controle e monitoramento. A partir disso, a identificação de prioridades e objetivos serão apropriados às mudanças da empresa (ADISSI, PINHEIRO e CARDOSO, 2013).

A preocupação ambiental é constante em empresas mais competitivas, forçando a uma postura mais proativa em relação ao tema implantação de um SGA que conceda a certificação ambiental estabelecida pela Norma ISO 14001 demonstra a existência de fatores internos e externos ao ambiente empresarial na adequação de tendência na melhoria das práticas ambientais. (GUTIERRES, 2013).

Um Sistema de Gestão Ambiental atua na melhoria contínua redução de resíduos e impactos ambientais através do consumo de recursos e aliando uma estratégia para atender objetivos ambientais através de metas e controle do nível de D.A de todo o ciclo de vida do produto. A avaliação do ciclo engloba desde a concepção até o descarte através da adequação de produtos e processos produtivos às necessidades do mercado (ALMEIDA e SELKITTO, 2013).

Um SGA requer a formulação de política que defina objetivos, atividades e resultados a fim de tratar as problemáticas ambientais de modo integrado. A necessidade de um SGA surgiu devido às abordagens complexas de questões ambientais, surgindo então modelos propostos pelas organizações com a finalidade de orientar as empresas. O planejamento de um SGA na organização é fundamental para a implementação e posterior controle que leva ao planejamento (BARBIERI, et al., 2012).

As etapas que devido a relevância dos impactos ambientais referentes aos processos produtivos envolvidos na produção, possui ações executadas pelas empresas em relação aos impactos ambientais associados a aspectos cujas análises justificam a necessidade da G.A através escolhas que possam atender ao planejamento por meio do comportamento da organização. Todos os níveis organizacionais devem estar envolvidos já que a alta administração possui papel fundamental na G.A devido à política ambiental que assegura a implantação do SGA. O ajuste de atividades produtivas a modelos de gestão específicos para o atendimento da abordagem

equaciona os interesses econômico-financeiros com os impactos ambientais, sendo utilizada a norma NBR ISO 14001. O desempenho de tarefas com potencial de I.A significa a competência baseada em formação, treinamento ou experiência apropriada. A certificação possui requisitos com orientação ao uso – vem se estabelecendo como um conjunto de requisitos norteadores da incorporação da variável ambiental na gestão das organizações. O compromisso da organização em promover a melhoria contínua do D.A é certificado pela norma que demanda a necessidade de auditorias periódicas de manutenção requisitos legais ao longo do tempo. O detalhamento e complexidade de um SGA refletem a demanda do porte da empresa em relação às atividades industriais e a necessidade de um D.A da abordagem sistêmica para atingir os objetivos propostos em longo prazo (ADISSI, PINHEIRO e CARDOSO, 2013).

As fases de um planejamento de SGA são definidas na Figura 4 a partir das questões internas e externas de uma organização:

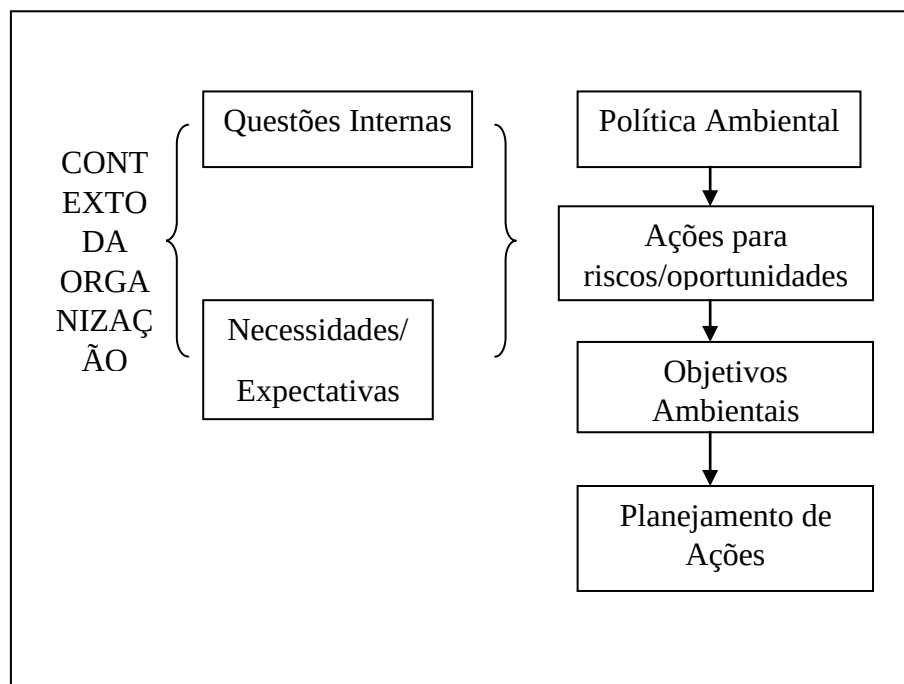


Figura 4: Fases de um planejamento SGA

Fonte: Elaboração Própria

2.2.1 ISO 14000

Para o SGA há três normas de gestão: i) especificam requisitos para criar, manter e aperfeiçoar o SGA; ii) diretrizes para orientar o atendimento de requisitos; iii) normas sobre temas específicos. SGA: ISO 14000 (requisitos) e ISO 140001 (diretrizes); auditoria ambiental (ISO 14015); ADA (ISSO 14031 e 14033) ACV (14040, 14044, 14045, 14046), GEE (14064, 14065). O SGA é um conjunto de

elementos inter-relacionados de uma organização para estabelecer políticas, objetivos e processos a fim de alcançar objetivos e metas, enquanto é usado para gerenciar aspectos ambientais pode ser aplicado a qualquer organização. A norma ISO defende que o SGA fundamente-se no ciclo PDCA, assim conforme a melhoria é alcançada o ciclo se repete primeiro para sustenta-lo e depois para superá-lo. Esse conceito com a melhoria contínua define como atividade recorrente para aumento de desempenho. O SGA pode integrar como um todo ou em partes, enquanto que a norma ISO 140001 se manteve como requisito de monitoramento e medição com a mesma estrutura; porém com essa mudança o SGA passa a ter dimensão estratégica e mais atenção aos resultados. A melhoria é a palavra que define a ISO 14001 que transmite a ideia de evolução a fim de aumentar o desempenho (ação corretiva) (BARBIERI, 2016).

O ciclo PDCA que exemplifica a relação da norma ISO com a gestão da empresa está exemplificado na Figura 5 onde é possível notar a relação cíclica das operações junto à tomada de decisões.

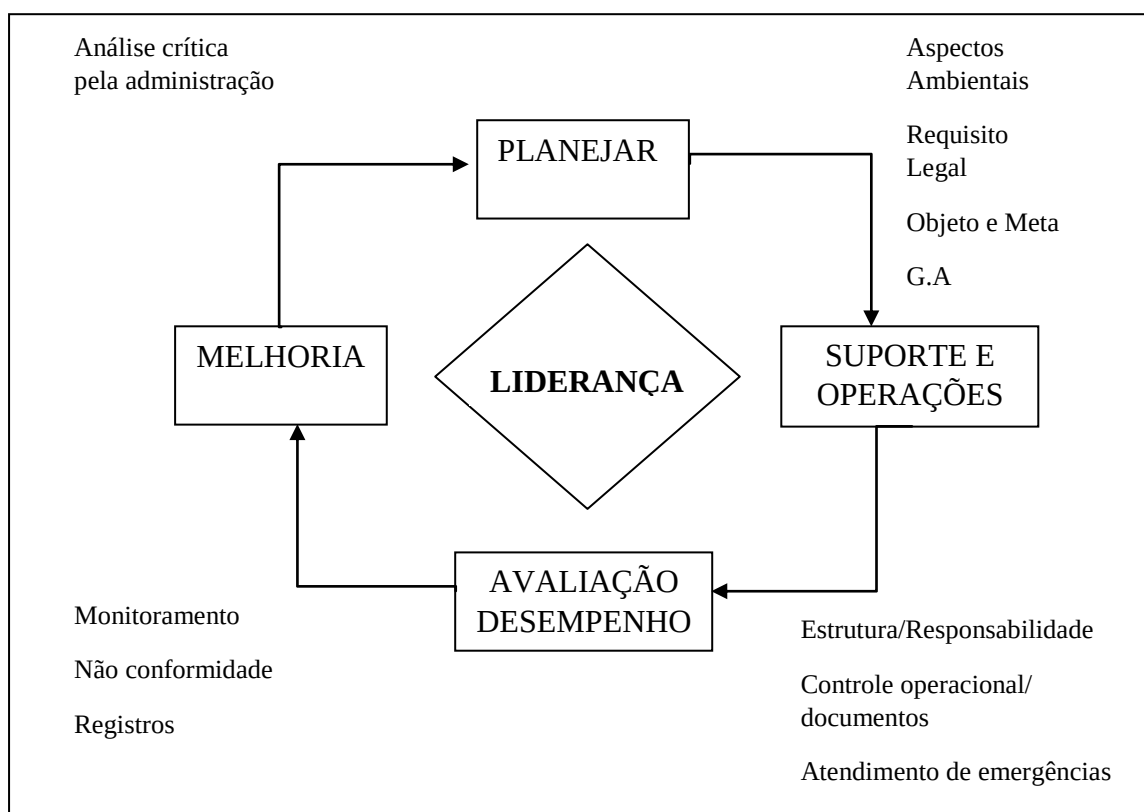


Figura 5: O ciclo PDCA na Norma ISO 14001

Fonte: Adaptado de Barbieri (2013).

O objeto é a interação entre as atividades empresariais e o meio ambiente, e por conta disso, a implantação deve ser de abrangência total. O desenvolvimento de uma

ferramenta que identifique os aspectos de AIA (Avaliação de Impactos Ambientais) deve abranger de forma geral todos os processos que envolvem as atividades da empresa. Enquanto que o SGA implica em uma mudança que vai além da atividade em si, sendo para isso a identificação real da subjetividade em relação as pessoas envolvidas na identificação dos IA, justificar a adoção de ferramenta e AIA para prevenção de riscos (MOREIRA, 2013).

A série ISO 14000 é composta por um conjunto de normas, destacando-se a ISO 14001 que estabelece especificações e critérios para a execução de um SGA utilizando a metodologia de um PDCA: planejar, executar, verificar e agir; a fim de desenvolver ferramentas para aperfeiçoamento do uso de matérias-primas, energia, processos mais eficientes, redução de resíduos e custo de descarte e utilização de recursos renováveis. Os programas devem incluir a atribuição de responsabilidade para a obtenção dos objetivos e metas em cada função além dos métodos e o prazo no qual devam ser atingidos. Com isso, a organização consegue desenvolver políticas e objetivos a fim de identificar os requisitos de aspectos ambientais que a organização que influenciemos critérios específicos de D.A (LOPES et al., 2015; GUTIERRES, 2013; ALENCAR, et al., 2015; MARTINS e SILVA, 2013).

O estabelecimento de estruturas e procedimentos voltados à melhoria contínua do D.A através da melhoria ambiental contínua e com a redução dos impactos decorrentes das atividades produtivas. Um SGA baseado na norma NBR ISO 14001, requer o comprometimento e conformidade com a sua política ambiental e melhoria contínua do D.A podendo ser integrada com os demais sistemas de gestão tal como a ISO 9001. A implantação de um SGA demanda a necessidade de definição da estrutura e das responsabilidades associadas. A partir destes estabelecimentos torna-se possível implantar e desenvolver um SGA, pois a organização caracteriza o agente de coordenação e as atribuições permanentes de todos os envolvidos. A norma NBR ISO 14001 pode ser implantada de forma integrada a norma NBR ISO 9001 – Sistema de Gestão da Qualidade SGQ que por sua vez demanda a existência de um representante da direção (BARBIERI, et al., 2012).

Empresas certificadas pela norma NBR ISO 14001 tendem a adotar sistemas integrados de gestão em sua estrutura. Os sistemas de gerenciamento integrado se configuram por incorporarem outros sistemas gerenciais, tais como: Sistema de Gestão da Qualidade, Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional, Responsabilidade Social – Sistema de Gestão e satisfação do Cliente, mas o rol de sistemas sob gestão

desta área depende de cada organização e sua respectiva estratégia (BARBIERI, et al., 2012).

A adoção das normas impacta em melhorias da reputação e imagem da organização, permitindo concessões para sua participação de mercado, bem como maior capacidade de fixação de preços, usar estratégias de alianças com conglomerados adotantes da ISO 14001, melhora no relacionamento com clientes responsáveis ambientalmente, inovação de processos junto de um programa de prevenção à poluição que pode ajudar a baixar custos e aumentar a eficiência de seu processo produtivo (COLARES et al., 2014).

A NBR se baseia no ciclo PDCA (*plan, do, check, act*) (planejar, executar, verificar e agir). Esse ciclo pode ser utilizado tanto para manter o estágio quanto impedir o retorno ao anterior, promovendo melhorias significativas e redefinindo metas em longo prazo. A norma ISO 14001 estabelece a documentação, implementação, manutenção e melhoria contínua de um SGA conforme requisitos a partir de escopo – objetivo – e política ambiental (MOREIRA, 2013).

A família de normas ISO 14000 trata de gestão ambiental indicando às empresas o que devem fazer para minimizar os impactos ambientais de suas atividades e melhorar continuamente seu D.A. A família contempla as principais normas desenvolvidas que podem ser aplicadas ao estudo desenvolvido, conforme Figura 6.

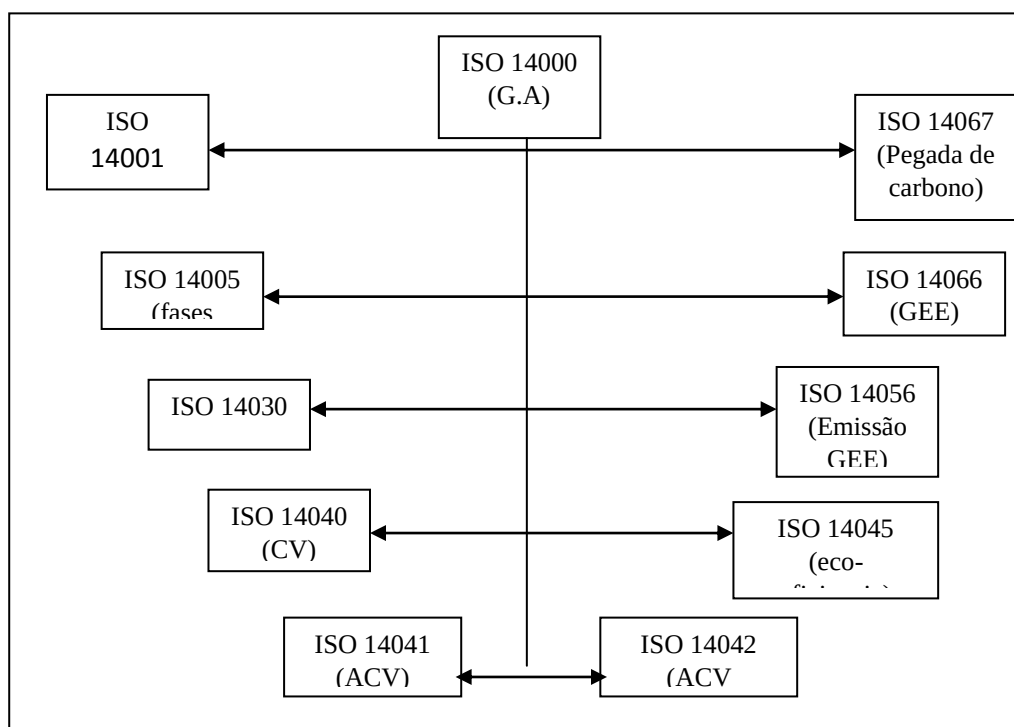


Figura 6: Conjunto de normas ISO 14000

Fonte: Adaptado de Alencar et al., (2015)

Primeiro, pretende-se reduzir os impactos ambientais através do controle de processos e inovações tecnológicas, a partir da melhoria contínua, para que as pressões de mercado de clientes, fornecedores e sociais sejam sanadas. A adoção antecipada de respostas cria valor a partir de uma imagem confiante da organização, criando vantagem competitiva e criação d reputação corporativa, além da redução de custos. Três fatores são importantes: pressões institucionais, demanda de mercado e controle de gestão. Os dois primeiros representaram pressões externas que pressionaram empresas a adotarem práticas ecologicamente responsáveis. O último fator refletiu a escolha estratégica das empresas no tratamento das demandas por capacidade de resposta ambiental (JIANG, et al., 2003).

A ISO 14001:2004 especifica requisitos de um SGA que deve ser levado em conta no desenvolvimento e implementação de política a fim de prevenir a poluição e contribuir para a melhoria contínua do D.A (ADISSI, PINHEIRO, & CARDOSO, 2013).

Segundo a NBR ISO 14001:

“Qualquer metodologia pode ser aceita, desde que demonstre coerência, lógica e consistência e, principalmente, estabeleçacritérios para distinguir aspectos significativos de não significativos.”

Segundo Moreira (2013), a fim de evitar a subjetividade que cada indivíduo tende a colocar em seu julgamento pessoal, o gerenciamento de aspectos significativos do que é ou não resulta de um método preestabelecida através da análise de ADA e AIA, e quanto mais simples tal método, melhor sua assimilação.

2.2.2 EMAS

Estes sistemas, bem como as práticas de GA, podem ainda ser avaliados com vistas a mensurar suas reais aplicações e efetividade.

EMAS é um processo de gestão específico cuja base é focada na melhoria do D.A ao nível das empresas e afeta a probabilidade de as empresas inovarem. Foi elaborado pela Comissão Europeia com o Regulamento CEE 1836/93, no contexto do Quinto Programa de Ação da UE para o Meio Ambiente "Rumo à Sustentabilidade". O EMAS pode promover, em geral, inovações de produtos e processos e, em especial, inovações ecológicas e produtos ecológicos, pode basear-se na perspectiva da capacidade e na visão da empresa baseada em recursos. Três processos que ligam EMAS e inovação: integração de recursos externos, integração de recursos internos e

construção e reconfiguração de recursos. A integração de recursos internos inclui colaborações entre funções especializadas da empresa (por exemplo, P & D, manufatura, marketing e design) e a integração do conhecimento e das competências de sustentabilidade nessas funções. Finalmente, a construção de recursos e a reconfiguração incluem a aquisição de novos recursos (por exemplo, recrutamento, treinamento e P & D) e a reconfiguração dos recursos existentes (por exemplo, novas divisões ambientais, novos relacionamentos ao longo da cadeia de fornecimento) (MONTIOBBIO e SOLITO, 2018).

Através das melhorias ambientais implementadas através de processos de implementação de melhores práticas e D.A, é possível constatar que o EMAS o aperfeiçoamento e finalização de processos objetivos de forma clara e simples substanciando o esquema com adesão ao EMAS, mas que tem se tornou fundamental a fim de políticas ambientais (ROCCHI e OLIMPIA, 2018).

A consciência ecológica dos empreendedores tem sido aumentando já que o EMAS é um sistema de gestão ambiental dirigido a várias organizações que desejam voluntariamente exceder o escopo mínimo das diretrizes previstas na lei limitando a influência negativa de sua atividade no ambiente. A participação é facultativa e aberta a todas as entidades públicas e privadas O cuidado ambiental e consciência ecológica através do método EMAS, devido a gestão de resíduos, economia de água e energia, credibilidade, confiança e satisfação, o desenvolvimento da empresa em simbiose com o ambiente natural. As organizações que combinam habilmente a inovação e estabilidade econômica às questões ambientais conseguem incutir a ideia de desenvolvimento equilibrado(PACHURA e OCIEPA-KUBICKA, 2017).

2.3 Avaliação Desempenho Ambiental

A avaliação do desempenho ambiental da organização permite acompanhar o avanço da execução estratégica a partir de procedimentos desde o início do processo de ADA para a tomada de decisão e suas alternativas, pois é possível avaliar seu desempenho por objetivos, metas e outros desenvolvimentos determinando assim, quais serão tratados como significativos (ANTONOV e SELITTO, 2011; MIRANDA, 2008).

A ADA faz parte do processo de controle (*check*) do ciclo PDCA. É o resultado mensurável que podem referir-se a G.A, enquanto que no SGA esses resultados são medidos em relação a objetos e outros critérios. A ADA é um processo contínuo de

coleta e avaliação e a monitoração – observação a fim de verificar o objeto de redução de consumo se aproxima do pretendido (BARBIERI, 2016)

Na análise e avaliação de D.A, fatores aspectos naturais e antrópicos são analisados a partir de fatores como o meio físico, biológico e socioeconômico (ALMEIDA NETO et al., 2013).

A legislação brasileira afirma a necessidade de avaliação além dos aspectos físicos e ecológicos, enquanto que para compreender o interesse das contribuições e facilitar a compreensão do processo de avaliação utiliza-se os conceitos de ambiente natural que engloba os fatores bióticos – flora, fauna e microrganismos -, e abióticos – água, ar, solo–além do ambiente antrópico – ordem social econômica e cultural. A degradação ambiental se aproxima do conceito de impacto ambiental, enquanto que a ADA visa identificar, prever e interpretar esses impactos. Dentre as fases e procedimentos para o processo de avaliação, se encontra: a caracterização, definição e elaboração do escopo de estudo ambiental, além da análise técnica, decisão e monitoramento sobre a implementação, visando assegurar que sejam propostas de desenvolvimento e minimização dos efeitos sociais, além de proteger a produtividade e capacidade dos sistemas naturais promovendo o desenvolvimento e otimizando o uso de recursos e oportunidades da G.A. Os principais métodos e técnicas aplicados na ADA são a identificação de causas e determinação, bem como a influência dos I.A (ADISSI, PINHEIRO e CARDOSO, 2013).

A ADA visa facilitar decisões gerenciais sobre o D.A por meio da seleção de indicadores, análise e avaliação dos critérios de D.A, além da divulgação, revisão e aperfeiçoamento desse processo. Os indicadores quantitativos podem mensurar informações de aspectos com dados complexos e transcrevê-los em uma estrutura de fácil comunicação como um índice global (LUZ, et al., 2006).

A ADA visa identificar os principais indicadores de desempenho cruciais para as medidas avaliativas da produção, já que para isso, é requerido o desenvolvimento de sistemas de medição de desempenho a fim de promover a sustentabilidade dos processos. Embora existam muitos modelos de sistemas de medição de desempenho e alguns ajustes são necessários a fim de abordar a integração de medidas de D.A, social e de mercado. A identificação dos principais indicadores de desempenho auxilia na redução do conjunto de variáveis, como a análise de componentes principais e as abordagens de regressão e, portanto, podem ser vantajosas (BAI et al., 2014).

A construção da sustentabilidade estabelece uma relação entre as atividades produtivas e desperdícios dos recursos que resultam em I.A's, enquanto os indicadores

– qualitativos ou quantitativos -criam valores na construção de juízos sobre condições de um sistema, e na decisão que facilite as condições existentes para comparação com uma meta pretendida como o objetivo de desenvolvimento, perspectiva holística, elementos essenciais, escopo de desenvolvimento, foco das práticas, abrangência, comunicação efetiva, processo participativo, revisão contínua dos resultados e sustentabilidade institucional ambiental. O desenvolvimento sustentável, indicadores de sustentabilidade, ou seja, indicadores cujas dimensões de desenvolvimento sustentável passam a ser articuladas. A ferramenta auxilia a compreensão dos limites da biosfera e a reorientação da vida para uma direção mais sustentável. A construção ou identificação de indicadores deve respeitar algumas qualidades: deve ser objetiva e cientificamente fundamentada, pertinente com relação a problemática a qual está referenciada, sensível, facilmente acessível e imediatamente compreensível (ARAÚJO, et al., 2015).

O sistema de compensação ambiental é melhorado e complementado; um monitoramento completo dos Planos de Gestão Ambiental (PMA) é realizado e, finalmente, técnicas de produção mais limpas são incorporadas e implementadas (TRUJILLO et al., 2017).

O impacto ambiental se configura como toda e qualquer modificação do meio ambiente que resulta na descaracterização e em alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente que afetam direta ou indiretamente aspectos como o bem estar social e atividades econômicas, condições estéticas e sanitárias do meio assim como a qualidade dos recursos ambientais (MIRANDA, 2008).

A eficiência na estratégia empresarial através de ações corretivas, preventivas e antecipatórias se dá em resposta às pressões sociais, porém é necessário levar em consideração a dinâmica de cada organização. A postura competitiva com envolvimento permanente para o desenvolvimento ambiental pode ser resumida em: controle da utilização de tecnologias de prevenção e correção da poluição, além da conservação e substituição de insumos na preferência por tecnologias limpas (BARBIERI, 2008).

O item 4.3.1 na ISO 14001 relata sobre os aspectos de AIA. O estabelecimento de IDA viabiliza o estabelecimento de metas mensuráveis facilitando a melhoria contínua assim como a divulgação de resultados devem incluir temáticas mencionando a política da empresa, elegendo focos e metas (MOREIRA, 2013).

2.3.1 *Método de Avaliação do Impacto Ambiental*

O estudo do IA é necessário é um instrumento de gestão, sem o qual não é possível promover a melhoria de SGA's (identifica e avalia aspectos nas organizações a fim de desenvolver e implantar política ambiental), há métodos de G.A baseado em impactos: ACV: foco no produto final avalia as entradas e saídas, envolve estágios de um sistema de produto desde insumos até o produto final; ADA: processo de avaliação, a fim de identificar melhorias, seleção de indicadores, análise de dados a fim de avaliar o sistema produtivo das organizações; rotulagem ambiental: foca na diferenciação de produtos e processos que geram I.A's mediante informações sobre aspectos ambientais, encorajando a demanda de bens e serviços; auditoria ambiental: é um processo sistemático que visa avaliar o cumprimento da legislação ambiental nos SGA's, organizações (BARBIERI, 2016).

A degradação ambiental é tida como qualquer alteração adversa da qualidade ambiental e se aproxima do conceito de Impacto Ambiental Adverso. A AIA visa identificar, prever e interpretar tais impactos sobre os resultados causadores a partir de i) definição de proposta para que classifique a decisão e as competências indicadas; ii) triagem a fim de definir quais as significâncias dos efeitos; iii) definição do escopo de estudo para que sejam identificadas a nível prioritário, o potencial de impacto (ADISSI, PINHEIRO, & CARDOSO, 2013)

Rotulagem ambiental: grande interesse por parte das empresas a fim de diferenciar dos concorrentes e atrair consumidores que valorizam a proteção do meio ambiente utilizando processos de menor impacto ambiental ou componentes que não sejam prejudiciais ao meio ambiente e cujo descarte provoque o mínimo de impacto. O ciclo de vida é considerado sofisticado porque é monitorado através da contabilização de impactos positivos e negativos decorrentes de etapas de produção. Qualquer modificação do meio ambiente que resulte em aspectos ambientais. Aspectos são fatores de desequilíbrio enquanto os indicadores são o próprio desequilíbrio (MOREIRA, 2013) Uma figura que contempla essa temática:

As questões ambientais internas e externas que afetam a capacidade de alcance de metas pretendidas, conforme escopo dentro do SGA determina situações de emergência. O Aspecto ambiental – pode ser direto (atividades) ou indireto(a organização não possui controle) - é toda ação dentro de uma organização que interagem com ações de modificação da matéria-prima e outros recursos naturais, causando impactos ambientais ou efeitos. Impacto ambiental é uma modificação

resultante de aspectos após a interação de diferentes escalas. A organização deve determinar os aspectos ambientais significativos dentro do escopo do SGA, que têm IA e impede que a organização associe todos, já que somente serão selecionados os específicos para avaliação, cabendo a organização a escolha do método para determinação de aspectos e impactos. Os objetivos ambientais devem ser mensuráveis, monitorados e as ações para alcançar tais objetivos podem ser integradas aos processos (BARBIERI, 2016).

Os IDA's proporcionam os resultados a serem alcançados a partir de processos internos refletidos quantitativamente, a fim de ser analisada se a estratégia corporativa adotada está obtendo sucesso na perseguição do resultado da organização. Tais indicadores permitem melhorias contínuas de curto, médio e longo prazo a partir da do gerenciamento empresarial, análise ambiental e classificação de IDA's que viabilizem a gestão de dados (EVANGELISTA e REBELATO, 2017).

Um aspecto pode ter mais de um impacto ambiental associado que necessita ser sistematizado e avaliado individualmente com os demais aspectos e impactos (ADISSI, PINHEIRO e CARDOSO, 2013)

Dentre algumas propostas de indicadores na literatura, se encontra os métodos para a avaliação de indicadores. Para ALMEIDA et al. (2014), os IDA's bem como a ADA, devem ser específicos às necessidades da organização, atendendo às suas prioridades, sejam elas gerenciais ou operacionais.

Em contrapartida, FARIA et al. (2014) afirmam que os IDA's podem ser mensurados a partir de i) consumo de recursos naturais como: energia elétrica, água de nascentes, reaproveitamento ou não de matéria-prima; ii) geração de resíduos: emissão de gases de efeito estufa; geração de resíduos; iii) o impacto social e na qualidade de vida da comunidade local; iv) possíveis ameaças a partir da produção, como manuseio de produtos perigosos ou inflamáveis.

Para MÄKELÄ (2017), são 18 aspectos contendo 95 indicadores dentre eles: i) consumo de matérias-primas, ii) custo ambiental, iii) consumo de madeira, iv) emissão gasosa, v) resíduos sólidos, vi) efluentes líquidos. Os impactos ambientais analisados nesta literatura incluem desde o potencial de aquecimento global até a depleção de ozônio e toxicidade humana, indicadores que não serão analisados nessa pesquisa.

Enquanto que para KOSKELA (2015), são 8 aspectos de indicadores: i) consumo de água, ii) energia, iii) matérias-primas, iv) emissões atmosféricas e particulados, v) efluentes líquidos e partículas sólidas), vi) resíduos sólidos e vii)

impacto ambiental da biodiversidade. Porém para esta pesquisa serão analisados apenas os resíduos mapeados no processo como os itens iv, v e vi.

Para KIATKITTIPONG et al., (2009) os indicadores ambientais são de potencial de aquecimento global (GWP), potencial de acidificação (AP), potencial de eutrofização (EP) e criação de oxidantes fotoquímicos (PO).

Enquanto que para GONZÁLEZ-GARCÍA et al., (2009) os aspectos dos indicadores se subdividem em: i) depleção abiótica (AD); ii) Aquecimento global; iii) Depleção da camada de ozônio; iv) Toxicidade humana; v) Eco toxicidade aquática de água doce; vi) Eco toxicidade aquática marinha; vii) Eco toxicidade terrestre; viii) Oxidação fotoquímica; iv) Acidificação; Eutrofização

Enquanto que SELLITTO, et al., (2010) propõe o método SBP para mensurar o D.A cuja intangibilidade e subjetividade deve ser mensurada e ponderada de acordo com as informações e o uso que se pretende, sendo conveniente que tais ponderações sejam realizadas de forma a assegurar a consistência, clareza, e comparabilidade destes.

Já os aspectos, segundo LUZ et al., (2006) podem ser mensurados em sete construtos: i) uso de água; ii) uso de recursos; iii) uso do solo; iv) emissão de gases geradores de efeito estufa; v) emissão de poluentes hídricos; vi) emissão de poluentes atmosféricos; e vii) geração de resíduos

Destes modelos apresentados e também os inferidos na bibliografia, são identificados alguns aspectos que são levados em consideração ao avaliar o D.A de uma organização do setor. Tais aspectos são apresentados na Quadro 1.

Aspectos	Referências
Emissão gasosa	SELLITTO et al., (2010); MIRANDA (2008); REBELATO et al., (2016); RODRIGUES (2014); JANOTTI (2017); FERREIRA (2017); ZEVIANI, et al., (2013); ANTONOV e SELLITTO (2011)
Resíduos Sólidos	SELLITTO et al., (2010); MIRANDA (2008); REBELATO et al., (2016); RODRIGUES (2014); JANOTTI (2017); FERREIRA (2017);); ZEVIANI, et al., (2013); ALVES et al., (2012); VOSS et al., (2013); MARQUES, (2015); ANTONOV e SELLITTO (2011)
Efluentes Líquidos	SELLITTO et al., (2010); MIRANDA (2008); REBELATO et al., (2016); RODRIGUES (2014); JANOTTI (2017); FERREIRA (2017); ZEVIANI, et al., (2013); MARQUES, (2015); ANTONOV e SELLITTO (2011)

Quadro 1: Referencial sobre Avaliação de Impacto Ambiental

Fonte: Elaboração Própria

2.3.2 Indicadores de Desempenho Ambiental

Os indicadores são ferramentas essenciais na gestão eficiente de recursos naturais e mensurar as modificações referentes a processos quantitativa e qualitativamente a fim de refletir os interesses da organização, e limites aceitáveis. Esses indicadores devem seguir critérios que justifiquem sua escolha, e transmitir os dados de forma fiel para a avaliação do grau de consecução de objetivos. Indicadores ambientais, fornecem informações sobre a quantidade e qualidade para uma situação que pode ser prejudicial embora em outra atividade, essencial. Para a seleção racional de IDA's, é essencial reconhecer as condições ambientais, considerar os requerimentos e observar a existência na empresa de um SGA de acordo com a ISO 14000 para estabelecimento de pontos focais. Os indicadores devem ser selecionados de forma a fornecer informações objetivas e condensadas a respeito do funcionamento no apoio de decisão e gerenciamento. Podem ser divididos em três grupos: i) gerencial – informações gerenciais acerca das atividades organizacionais que influenciam o D.A; ii) operacional – informações de D.A agrupadas de forma lógica baseada nas entradas e saídas de equipamentos; iii) indicadores de condições ambientais (ICA): informação sobre a condição ambiental local, pode ser utilizado para avaliar impacto (ADISSI, PINHEIRO e CARDOSO, 2013).

A escolha de indicadores também pode se dar por meio de sistematização por critérios como: acessibilidade dos dados; clareza na comunicação; relevância; amplitude geográfica; padronização; consistência científica; preditividade; pró-atividade; sensibilidade temporal; definição de metas; confiabilidade da fonte e capacidade de síntese. Em relação à organização estrutural e informações necessárias para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade, apresenta de forma preliminar e sintética um sistema de fluxos organizador. Uma estrutura sistêmica, segregada em três tipos de capitais: capital natural, capital construído, e capital social, em que todos concorrem para o mesmo objetivo, que é o bem-estar. O uso de indicadores agrupados facilita o emprego de medidas que vão além dos fatores econômicos, já que inclui o balanço de sinais como o bem-estar humano e ecológico. A proposição de indicadores foi dividida em quatro etapas do processo de desenho industrial, subdivididos em três dimensões de sustentabilidade (ambiental, social e econômica) (ARAÚJO, et al., 2015).

Os IDA's avaliam aspectos ambientais de atividades econômicas e sociais a partir do monitoramento de processos que forneçam informações que quando aplicados corretamente, se tornam efetivos na mensuração de impactos ambientais, exigindo o

planejamento e gestão de informações para identificar e avaliar os riscos de poluição proveniente dos processos e posterior tomada de decisão quanto ao alcance de uma meta ou desempenho. Os modelos de medição podem incluir tanto modelos de avaliação de produtos como de processos ou operações, e diversas são as ferramentas de D.A que vem sendo desenvolvidas pela comunidade acadêmica (ZEVIANI, et al., 2013; SALTER e FORD, 2001).

A correta utilização dos indicadores para alcançar os objetivos bem definidos deve ser estudada e acompanhada de forma crítica por parte da organização que irá implantar o sistema nos processos produtivos. É fundamental que seja observado que um indicador complexo ou de difícil mensuração não é adequado devido aos custos de obtenção ao inviabilizar a sua operacionalização visto que a ADA almeja a eficiência e eficácia nos processos, além de adequar ao uso seus bens e serviços e fornecer informações adequadas no momento preciso a fim de tomar ações preventivas e/ou corretivas que levam à conquista de metas e objetivos da empresa (CORAL, 2002; ANDRADE et al., 2013).

Os indicadores inferidos pelos autores cuja análise acadêmica mais se aproximam com a lógica deste trabalho, estão apresentadas no Quadro 2.

Indicadores	Referências
Indicadores de Desempenho Ambiental para analisar a Sustentabilidade	(SANTOS, et al., 2008)
Tratamento de resíduos sólidos	(MERSONI, et al., 2017)
Análise do Ciclo de Vida	(MERSONI, et al., 2017)
Funções gerenciais em detrimento de performances ambientais	(JACOVINE et al., 2009)

Quadro 2: Indicadores Ambientais segundo Referencial Metodológico

Fonte: Elaboração Própria

3 MÉTODOS

Este capítulo tem a finalidade de definir os métodos de pesquisa utilizada neste trabalho. Para o atendimento do objetivo proposto, a pesquisa realizada teve seu desenvolvimento em duas etapas, a saber: i) mapeamento do processo produtivo da celulose Kraft branqueada e levantamento dos resíduos gerados; e ii) construção e aplicação da ferramenta. A seguir é feita a caracterização metodológica de cada uma destas etapas.

3.1 Mapeamento do processo produtivo de celulose Kraft branqueada e levantamento dos resíduos gerados

O mapeamento das etapas produtivas do processo fabril focado por este trabalho foi realizado a partir de duas visitas *in loco* realizadas em duas empresas do setor de celulose Kraft branqueada, situadas no interior paulista, sendo uma empresa de pequeno porte (empresa A) e uma multinacional do setor (empresa B). As empresas foram selecionadas de acordo com o critério de receptividade para a realização do estudo. Ambas as visitas nas plantas produtoras de celulose branqueada foram realizadas durante o mês de setembro de 2017.

Nesta etapa, a pesquisa se caracterizou por seu cunho qualitativo, tendo como instrumento a coleta de dados à observação direta dos processos a partir de uma visita em cada empresa guiada pelos responsáveis pelo processo produtivo e pela gestão ambiental das unidades consideradas.

O processo produtivo foi mapeado de forma linear, ou seja, as etapas foram descritas por ordem de realização. Os resíduos gerados foram identificados e representados de acordo com a etapa produtiva geradora e caracterizados de acordo com a geração em cada etapa e sua posterior destinação.

O produto desta etapa está descrito no Capítulo 4 deste trabalho.

3.2 Elaboração da ferramenta

Com base no mapeamento do processo produtivo e identificação dos resíduos, esta etapa do presente estudo consistiu na elaboração da ferramenta propriamente dito. Para atingir tal objetivo, foram selecionados conceitos abordados nos trabalhos de ALMEIDA e SELLITTO (2013), RODRIGUES (2014), REBELATO et al., (2016), SELLITTO (2010), ZEVIANI (2013); JANOTTI et al. (2018). A seleção destes autores

se deve à ferramenta adotada na construção de referenciais específicos para a avaliação de desempenho ambiental em processos produtivos industriais.

De uma forma geral, estes trabalhos sugerem inicialmente o desenvolvimento de aspectos que descrevem de uma forma ampla os aspectos aos quais as operações produtivas afetam o ambiente. A seguir, estes aspectos são detalhados em indicadores que possam representá-los a partir de uma mensuração direta. Tanto aos aspectos quanto aos indicadores são estabelecidos pesos que apontam sua representatividade na avaliação do desempenho ambiental pretendida. Por fim, são estabelecidas escalas de condutas da empresa para mensurar as ações adotadas em cada um dos quesitos (indicadores) averiguados.

A definição dos aspectos, indicadores, pesos e escalas de avaliação foi realizada por especialistas em gestão ambiental e/ou no processo produtivo estudado a partir da técnica de grupos focados proposta por Ribeiro e Newman (2012). Esta técnica consiste na realização de fóruns com indivíduos estratégicos na tomada de decisões conduzida por um moderador que se reúne para discorrerem e analisarem tópicos acerca de um tema de interesse. Para estes autores, a utilização da técnica de grupos focados ocorre em três fases: planejamento, condução das sessões e sistematização dos resultados.

A seguir encontra-se o detalhamento dos procedimentos metodológicos adotado em cada uma das fases.

Conforme os objetivos desta pesquisa, a estruturação se baseia na elaboração da ferramenta a partir da construção de elementos utilizando o método de grupos focados para análise, discussão e ponderação de dados a partir de fóruns com poucos indivíduos em três fases: a) planejamento; b) condução das sessões e análise dos dados obtidos c) sistematização; conforme serão discutidos a seguir.

a) Planejamento

Nesta fase, foram definidos os propósitos do grupo focado, a saber: i) definição de aspectos (aspectos) gerais de análise; ii) seleção de indicadores; iii) realização de ponderações para identificação da relevância de cada aspecto e indicador perante o modelo proposto; e iv) definição das escalas de avaliação.

O grupo focado foi composto por quatro especialistas cujas habilidades estão descritas na Quadro 3.

Especialista	Formação	Experiência
A	Engenharia Química e Tecnologia em fabricação de papel e celulose	16 anos
B	Administração	8 anos
C	Engenharia Florestal e Produção baseada em madeira	20 anos
D	Química	10 anos

Quadro 3: Formação do Grupo Focado

Fonte: Elaboração própria

Para a definição dos aspectos foi considerada a natureza dos resíduos da indústria em estudo. Já para a definição dos indicadores foram considerados os próprios resíduos levantados no processo.

A ponderação dos aspectos e indicadores, necessária para a atribuição de pesos conforme o potencial impacto ambiental do aspecto/indicador optou-se pela utilização da análise multicritérios do método de AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Este método fundamenta-se na decomposição e síntese das relações entre os critérios até que se chegue a uma priorização dos seus indicadores, aproximando-se de uma melhor resposta de medição única de desempenho (SAATY, 1994).

A estrutura do AHP se baseia em comparações paritárias que são obtidas através de questionamentos a especialistas, neste caso ao grupo focado. A partir destas comparações por pares, as prioridades calculadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas e demonstram a intensidade de domínio de um critério sobre o outro. Essa foi a forma racional encontrada para lidar com os julgamentos (SAATY, 1994).

Segundo Saaty (1994), o benefício do método é que, como os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseados em experiência, intuição e também em dados físicos, o AHP pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão.

Dentre os *softwares* de disponibilidade gratuita que se baseiam no referido método, este trabalho utilizou o *SuperDecisions* (www.superdecisions.com). A escolha por esta ferramenta deriva de sua ampla utilização, sua interface gráfica bastante amigável e organizada, como também e pelo software realizar o cálculo automático da razão de consistência (CR) das avaliações realizadas. Neste sentido, o método AHP estabelece uma hierarquia entre os aspectos mais relevantes no que tange ao impacto ambiental das operações da indústria em estudo e, posteriormente, uma hierarquia entre os indicadores de cada aspecto. Este é realizado através das comparações em pares

usando julgamentos em uma escala fundamental de 1 a 9. Ao final das comparações em pares, a evidência de coerência dos julgamentos fica a cargo do CR que deve ser abaixo de 10% (SAATY, 2005).

b) Condução das sessões e análise dos dados

Para o atendimento aos objetivos propostos foram realizadas três sessões de trabalho, detalhadas a seguir:

- Seção 1: Definição e ponderação dos aspectos a serem elencados com base na confrontação literatura e processo produtivo;
- Seção 2: Definição e ponderação dos indicadores a serem selecionados apoiados no levantamento bibliográfico e nas características do processo produtivo;
- Seção 3: Definição da escala de medição a ser utilizada para a medição de cada indicador.

c) Sistematização

Com base nos resultados obtidos pela aplicação do método AHP foi elaborado a ferramenta para medição e avaliação do desempenho ambiental na indústria produtora de celulose.

A contextualização do método proposto neste trabalho, bem como as etapas para o levantamento de dados se encontram explanados na Figura 7 a seguir.

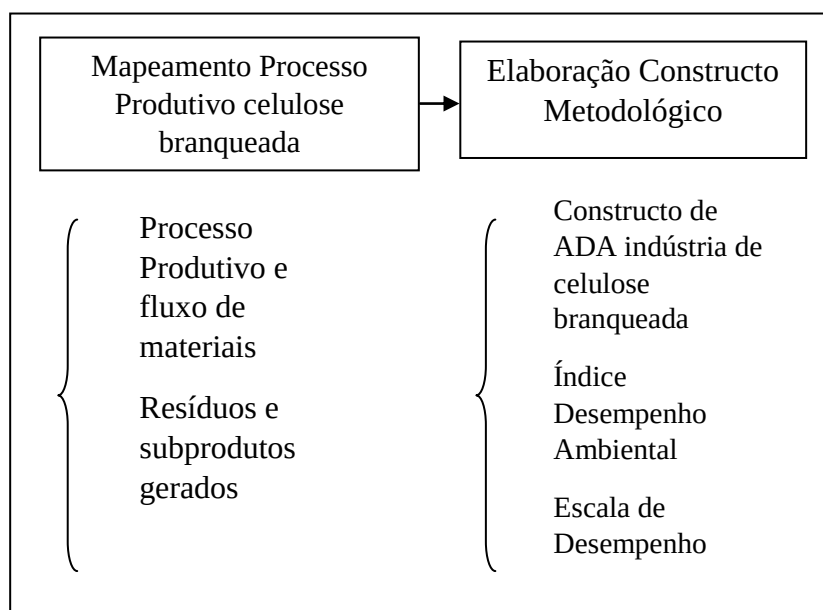


Figura7: Formação do Grupo Focado

Fonte: Elaboração própria

Esta ferramenta se estrutura em: i) nível macro: formado pelos aspectos de D.A relevantes para a indústria estudada; ii) nível meso: conjunto de indicadores representativos para cada aspectos; iii) nível micro: escalas de medição para verificação de cada indicador. Para viabilizar a avaliação pretendida, os resultados das ponderações realizadas foram sintetizados em um índice expresso em porcentagem de atendimento aos indicadores propostos. A este índice denominou-se Índice de Desempenho Ambiental (IDA).

E para exemplificar a aplicação da ferramenta desenvolvida, esta foi aplicada em uma das unidades produtivas visitadas na etapa de mapeamento do processo (empresa B). A aplicação foi realizada pelo responsável pela Gestão Ambiental da empresa, que recebeu o modelo desenvolvido via e-mail e, a partir do mesmo canal de comunicação, respondeu as questões. Esta etapa foi no mês de março de 2018. A empresa, doravante chamada de empresa A, é uma organização de grande porte e está localizado na região Metropolitana do Estado de São Paulo. A unidade possui os processos de fabricação de celulose Kraft branqueada e produção de papel.

4 INDÚSTRIA DE CELULOSE BRANQUEADA: PROCESSO PRODUTIVO E RESÍDUOS GERADOS

Este capítulo objetiva definir aspectos produtivos da indústria de celulose Kraft branqueada a partir de seu fluxo de processos, principalmente em relação à geração de resíduos e conforme previsto na Etapa 3 da ferramenta proposta. Esta definição, em conjunto com o referencial teórico do Capítulo 2, possibilitará a elaboração da ferramenta.

4.1. Aspectos gerais da produção da celulose Kraft branqueada

O mercado mundial de celulose comercializada é composto principalmente por pasta branqueada de processo químico, onde deste total 44% provém de celulose de fibra longa branqueada, enquanto que 66% são de pasta celulósica branqueada proveniente da fibra curta. Segundo Viana (2012), dos processos para a produção celulósica no Brasil, 81% é obtido por processo químico Kraft, enquanto 12% por processo soda e 7% por demais processos. A seguir são descritos os principais processos de obtenção de pastas celulósicas em geral. Para Vidal e Hora (2014) a celulose pode ser classificada de acordo com o tipo de fibra, a destinação e o processo para obtenção.:

a) Tipo de fibra (curta ou longa): Segundo Ribeiro et al., (2016), enquanto o Brasil é referência mundial em celulose de fibra curta – eucalipto, devido ao ciclo produtivo, pois a espécie tem ciclo de crescimento mais rápido e baixos custos de produção se comparado a nível mundial, tornando o Brasil destaque de exportação desta celulose. A celulose de fibra longa cuja origem provém de espécies coníferas como o pinus é utilizada na fabricação de papéis que demandam mais resistência e dureza.

b) Destinação (uso próprio/mercado): na fabricação contínua as pastas celulósicas são empregadas na transformação de papeis e embalagens, enquanto a celulose que é comercializada sofre processamento como secagem e posteriormente corte para a distribuição a fabricas produtoras de papel. Na composição da oferta mundial de celulose, segundo Coelho e Coelho (2013) a predominância do tipo branqueada e a venda ao mercado externo é maior.

c) Processo de fabricação (químico, mecânico ou a combinação de ambos). Os processos produtivos característicos de destinação das unidades processadoras da celulose são específicos de acordo com o mercado e destinação final para indústrias papeleiras.

A diferenciação da celulose bem como o processamento, características e destinação podem ser entendidas particularmente a partir da sintetização do Quadro 4.

Tipo de celulose processada		
Tipo de processo	Características	Destinação
Pasta mecânica	Baixa resistência com alto teor de rendimento	Papel jornal/revista
Polpa química (Kraft)	Forte e escura (sem branqueamento) de baixo rendimento ou clara (branqueamento)	Cartões e embalagens (sem branqueamento) Papel tissue e para impressão (com branqueamento)
Polpa semi- química	Processos mecânicos + químicos: alto rendimento	Papel corrugado

Quadro 4: Sintetização processos de celulose

Fonte: Elaboração própria

Uma vantagem do processo Kraft é a possibilidade de perdas mínimas e grande eficiência energética, já que cerca de 96% dos reagentes químicos utilizados na polpação são recuperados. Além da capacidade de a fábrica produtora de celulose poder gerar sua própria energia através da biomassa que é queimada nas caldeiras. O processo Kraft é a principal forma de produção de celulose por ser um processo com cozimento contínuo já que o processo de caustificação objetiva a recuperação do licor branco, a partir dos produtos químicos inorgânicos oriundos da caldeira de recuperação e forno de cal proveniente da queima de combustíveis e minimiza o consumo de combustível e os I.A's além de reduzir os custos de produtos químicos, através da conversão da lama de cal para cal e resolver o problema do descarte da lama de cal. É realizado um peneiramento para remoção de sólidos suspensos e lavagem a fim de recuperar a soda que retorna ao ciclo de licor e reduzir o nível baixo da caustificação, concentrando a lama para alimentação do forno e a calcinação a partir do carbonato (ALVES, et al., 2012).

4.2 Processo Produtivo da Indústria de Celulose Branqueada

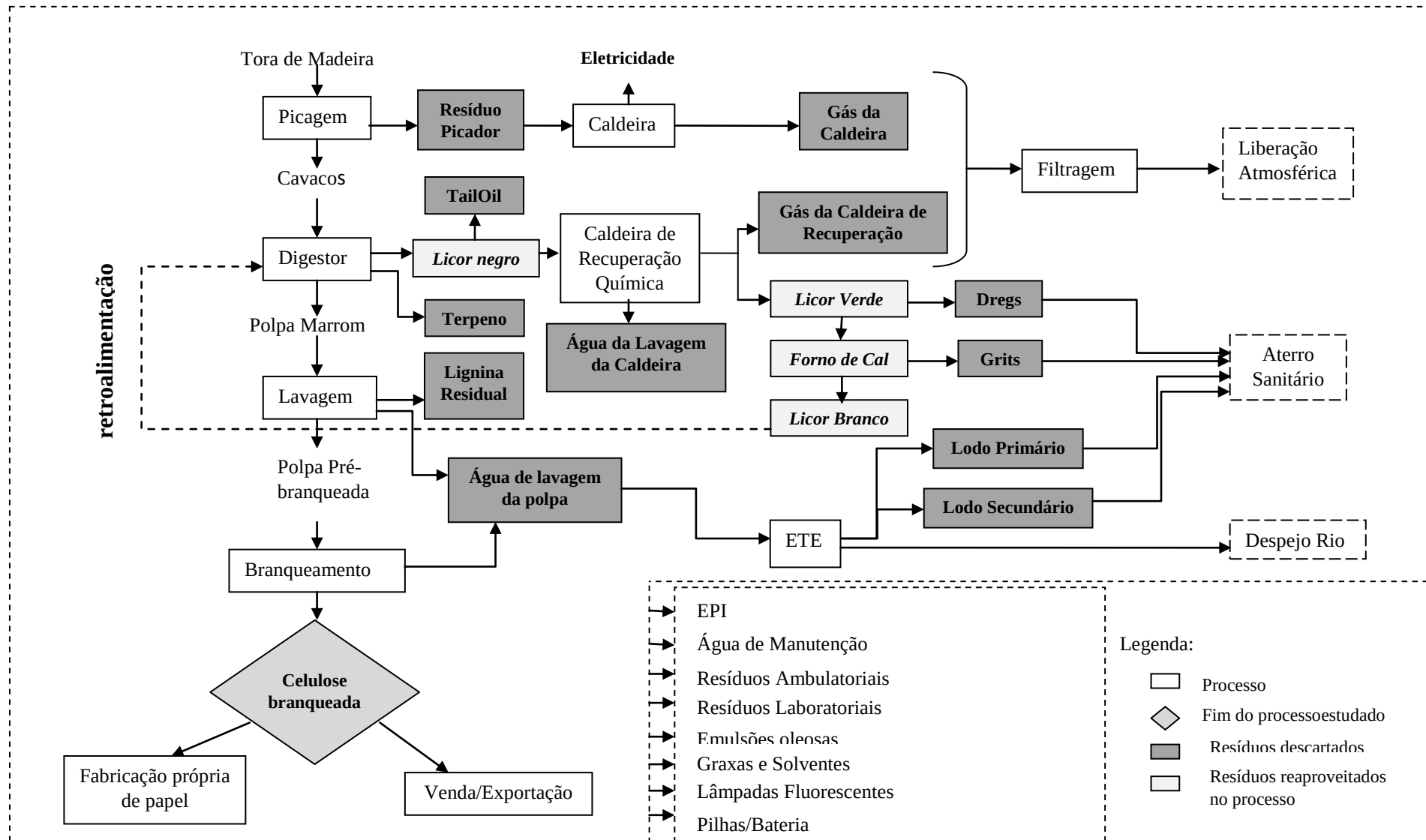
Conforme previsto no método deste trabalho, aqui serão analisados os processos produtivos de cozimento e branqueamento. Estes processos são usualmente nomeados como “Kraft” onde há o retorno do licor negro no cozimento e a geração de celulose propriamente dita, e “caldeira de recuperação” onde ocorre a recuperação do licor negro que será reutilizado no processo e gerados os resíduos da produção. A observação direta através de visita guiada, dos processos produtivos e gestão ambiental das unidades estudadas neste trabalho em que sejam efetuadas etapas de processo Kraft com posterior branqueamento.

As etapas do processo de produção de celulose branqueada pelo processo Kraft é caracterizado principalmente, pela reutilização dos licores gerados no processo em retroalimentação no sistema. Após a polpa ser cozida no digestor, o licor resultante inicia um processo paralelo de recuperação dos compostos químicos para reutilização no sistema. O branqueamento é uma variável de acordo com cada mercado ou processo posterior da formação da celulose: a opção por uma celulose não branqueada é essencial para preservar a dureza em casos de fabricação de papelão ou papel pardo, enquanto que a celulose branqueada é utilizada em processos de fabricação de papel *tissue* ou de impressão.

A fibra Kraft com posterior branqueamento produzida por processos químicos, fornece uma polpa de celulose relativamente barata e com boas características de brilho e resistência. De um total de 70% de celulose contida na madeira, somente entre 49% e 56% serão transformados em polpa branqueada. De uma maneira geral, quanto maior o rendimento, menor o consumo de madeira para produção de uma tonelada de celulose (MORAES et al., 2013).

A figura 9 apresenta o início do processo produtivo desde a recepção da madeira na unidade fabril quando as toras de madeira são recebidas no pátio para corte em cavacos que são picados em tamanhos uniformes e classificados, sendo enviados posteriormente para o digestor, onde a ação dos produtos químicos será facilitada devido à homogeneidade dos cavacos e deslignificação com soda cáustica, sulfito, bissulfeto de cálcio e dióxido de enxofre, até a bifurcação de processos: em processos de fabricação de papel ou a comercialização para o mercado comprador da celulose branqueada.

Após isso, ocorre opré-branqueamento, no qual, o licor branco (rico em cal), inicia a diluição da massa até atingir o cozimento e ser transferida para o depurador.



Fonte: Elaboração Própria

No processo de branqueamento, ocorre a lavagem da celulose utilizando o oxigênio, enquanto o processo de recuperação do licor branco ocorre em paralelo, permitindo que os efluentes desta etapa sejam recuperados na caldeira e conseqüentemente ocorra a geração de vapor. O vapor é então usado para gerar eletricidade, reduzindo assim a quantidade de poluentes descarregados. São necessários processos elementares isentos de cloro, que utilizam dióxido de cloro, para o branqueamento de certos tipos de polpa. As emissões atmosféricas geralmente contêm compostos altamente maliciosos.

Posteriormente, é transferida para os filtros lavadores a massa que será separada dos solúveis de fibras de celulose e enviada para o branqueamento ou fabricação de papel Kraft específico. Enquanto que, o licor negro é transferido para o sistema de recuperação.

A lavagem da polpa marrom contém licor preto e fibras impregnados à lignina, por isso é submetida a uma lavagem com água quente a fim de retirar estes resíduos, enquanto que o licor é encaminhado para o processo de recuperação, as fibras são enviadas para o branqueamento. Outra vantagem da lavagem é que ela reduz o consumo de alvejante utilizado no branqueamento. O licor de cozimento usado é bombeado para a estocagem para aguardar a recuperação das substâncias dissolvidas mediante evaporação e, depois, a combustão da matéria orgânica dissolvida nas fornalhas de recuperação para reutilização no processo.

Enquanto o branqueamento ocorre na purificação da celulose de acordo com o grau de cozimento efetuado, onde o teor da lignina – que é presente pela tonalidade da polpa - pode conter até 5% de lignina. A remoção da lignina é necessária não só para obter uma celulose pura, mas também para adquirir um aspecto de alvura elevado, característica fundamental para proporcionar alta qualidade – possível através de vários estágios -. Um maior grau de alvura com menor degradação da fibra pode ser alcançado, ao se aplicar quantidades menores de reagentes de branqueamento em etapas sucessivas, com lavagens intermediárias.

A depuração da polpa branqueada: a purificação da polpa é obtida através das peneiras centrífugas que passam por limpadores dando origem a uma polpa concentrada. Com a dissolução da lignina, as fibras são liberadas com o menor nível de degradação dos carboidratos sendo empregados o hidróxido de sódio e o sulfeto de sódio como agentes ativos na reação. A evaporação visa recuperar os produtos químicos, enquanto o licor preto sai do digestor, e é enviado aos evaporadores para elevação do teor de sólidos. O licor mais concentrado é queimado em caldeiras de recuperação, enquanto o

sistema de caustificação recupera o licor branco, a partir de produtos químicos inorgânicos resultantes da caldeira de recuperação e forno de cal, resultando na dissolução da cal, formando hidróxido de cálcio, que reage ao carbonato de sódio, presente no licor verde e produz soda cáustica e carbonato de cálcio, conhecido por lama de cal. Os químicos são misturados ao licor preto menos concentrado formação do licor verde que recebe dose de cal originando o licor branco e carbonato de cálcio como resíduo lama de cal. O licor branco é separado da lama de cal e enviado para o digestor, onde atuará como licor de cozimento enquanto o carbonato de cálcio é calcinado no forno de cal para produzir cal. A lama de cal é lavada a fim de reduzir os constituintes químicos antes de ser calcinada para formar a cal e o licor o que gera o licor verde, enquanto o ciclo de recaustificação é o processo onde de óxido de cálcio é adicionado ao licor verde, para a caustificação e resulta na formação do carbonato de cálcio(lama de cal). A lama de cal é lavada para a remoção do licor cáustico e, após o desaguamento, é calcinado para produzir a cal no uso da caustificação. Os grits alguns são removidos após a operação de extinção da cal, pelo peneiramento. Enquanto que os *dregs* são oriundos da clarificação do licor verde sendo lavados a fim de remover a soda residual antes da descarga residual.

Os diferentes estágios de polpação e processamento para a finalidade de branqueamento do processo Kraft pode ser exemplificado a partir do Quadro 5.

Estágios da Polpação		
Estágio	Finalidade	Processo
Ácido (Ado-A)	Remove remover os ácidos	Através de hidrólise ácida, devido ao longo tempo de ação, pH e temperatura controlados para a deslignificação celulósica através do cloro.
Dioxidação Zero (Ado – Do)	Remove a lignina (compostos coloridos da celulose)	O dióxido de cloro remove a lignina através do tempo de trabalho, pH e temperatura controlados para atingir a alvura nos estágios subsequentes, além de menor consumo de reagentes (tempo de trabalho intermediário, e pH e temperatura controlados).
Dioxidação (D) - adioxidação	Oxidação de compostos que colorem a celulose	A partir do uso de dióxido de cloro e tempo de trabalho, com pH e temperatura controlados
Estágio final	Oxidação a fim de obter alveamento da celulose (alvura)	A partir do uso de hipoclorito de sódio e dióxido de cloro, se inicia o alveamento das fibras (modificação de compostos)

Quadro 5: Estágios da polpação

Fonte: Elaboração própria

Como etapa complementar de retroalimentação, o processo de recuperação química do licor negro ocorre em paralelo à produção de celulose Kraft. A recuperação química ocorre por razões econômicas e ambientais, na etapa de cozimento no processo de polpação é um processo na fabricação de celulose Kraft, em que, o licor de cozimento é encaminhado para a área de recuperação e concentrado para sofrer combustão e redução dos compostos orgânicos. A quantidade de sólidos presentes no licor, como a lignina de madeira, materiais orgânicos, compostos inorgânicos oxidados e licor branco passa por uma série de evaporadores para aumentar o conteúdo de sólidos. A combustão de compostos orgânicos ocorre em um forno de recuperação para as caldeiras de recuperação enquanto que a recaustificação de licor verde ocorre com a adição de hidróxido de cálcio e elimina o carbonato de cálcio sendo removida a lama de cal, deixando assim um licor branco que será reutilizado no processo de cozimento. A lama de cal é enviada para um forno a fim de ser calcinada e a cal resultante do processo é dissolvida em água para produzir hidróxido de cálcio. O efluente de lavagem é coletado nos tanques de vedação e reutilizado em outros estágios como água de lavagem ou enviado ao tratamento de águas residuais. Ao aumentar o teor de sólidos no licor preto, a necessidade de evaporação de água na caldeira de recuperação pode ser reduzida. Isso, por sua vez, reduz a demanda de energia. Em um concentrador o licor preto é circulado em tubos para aquecimento e posteriormente a evaporação.

O licor verde é bombeado para os caustificadores, onde ocorre a transformação a partir de produtos alcalinos como: o carbonato de sódio e hidróxido de sódio. A mistura ocorre em tanque onde o licor verde junto à calsão enquanto o carbonato de cálcio sedimenta no fundo com o lodo de cal, formando novo licor: o licor branco para ser utilizado no cozimento novamente. O lodo de cal é recuperado, e a lama sedimentada é recolhida sendo transferida para filtros lavadores enquanto seu material sólido é transportado para o forno de cal e recuperado o óxido de cálcio para posterior reutilização no licor verde. Os reatores são carregados com os cavacos e recebem o licor branco de cozimento que contém essencialmente sulfito de sódio e soda cáustica que cozinha em alta temperatura e pressão dissolvendo a lignina conferindo firmeza e rigidez às fibras da madeira. O tratamento de água, tratamento de efluentes, desmineralização de água para as caldeiras, caldeira de biomassa, caldeira a óleo, turbinas e geradores, compressores e distribuição de ar comprimido e distribuição de energia elétrica e vapor. Na caldeira de recuperação o licor negro concentrado - pode ser composto por até 80% de resíduos sólidos do digestor, rico em material orgânico (lignina) - é aquecido e misturado junto às cinzas dos precipitadores e bombeado para o

interior da caldeira, dando início à sua queima para gerar calor e energia. Após isso é enviado aos tanques de derretimento (*smelt*) onde o licor preto é pulverizado através de bicos injetores que ao entrar contatado com o ar sofre o processo de secagem e combustão, sendo parte da água presente no licor, evaporada. Após esses processos o licor retorna à forma branca sendo enviado ao digestor e evaporadores para que sua concentração possa ser elevada. Enquanto o licor verde é solubilizado a partir da mistura que adquire a cor devido aos sais ferrosos e rico em carbonato de sódio e sulfeto de sódio.

O ciclo de recuperação do licor negro pode ser melhor exemplificado a partir da Figura 8, onde são abordados os níveis de recuperação e reutilização através do ciclo de recuperação e devolução ao processo.

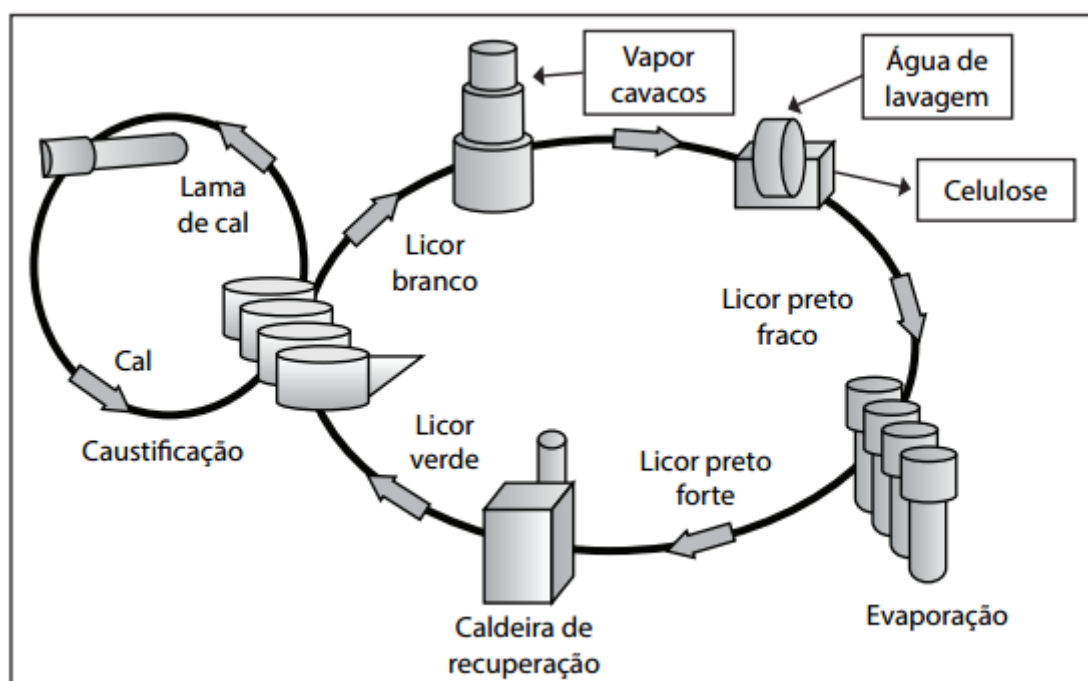


Figura 8: Ciclo de recuperação do licor negro

Fonte: ALVES (et al., 2015).

4.3 Resíduos gerados no processo

Os resíduos são considerados substâncias cujos geradores visam descartá-los por razões econômicas, ambientais ou estratégicas. Resultam de processos produtivos, cujo estado pode ser gasoso, líquido ou sólido. A NBR 10.004:2004 classifica os resíduos sólidos em classes, sendo a classe I: referente a resíduos perigosos – inflamáveis ou corrosivos -, classe II A: não inertes – biodegradáveis ou solúveis em água - e classe II B: inertes – em contato dinâmico e estático não apresenta solubilização, exemplo plástico -. A prevenção da poluição aumenta a produtividade da empresa e requer

mudanças quanto a processos, pois a redução de poluentes significa que os recursos estão sendo geridos de forma adequada (BARBIERI, 2016).

A poluição pode ser entendida como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que prejudiquem direta ou indiretamente a saúde, condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente (ADISSI, PINHEIRO e CARDOSO, 2013)

Os poluentes atmosféricos podem ser primários – resultantes diretos na atmosfera de atividades produtivas – ou secundários – resultantes de reações químicas entre poluentes primários -. Os compostos por gases, líquidos ou partículas sólidas suspensas na atmosfera em concentrações que podem ser emitidos por fontes naturais, atividades humanas e contribuição atmosférica. Os poluentes atmosféricos podem ser tóxicos ou não tóxicos. O CO₂, por exemplo, é considerado inerte por não causar malefícios aos seres humanos, porém é o principal responsável pelo aquecimento global. Para que um poluente seja considerado perigoso deve-se analisar: i) a concentração do poluente na atmosfera; ii) toxicidade; iii) tempo de exposição. A diferenciação entre os compostos das emissões gasosas podem estar contidas em materiais particulados: consistentes de partículas sólidas ou gotas de líquidos pequenas o suficiente para permanecerem suspensas no ar através de processos como a movimentação de materiais, combustão que libere partículas através da queima ou presença de material inerte; óxidos de nitrogênio: formados durante a queima de combustíveis, emitidos em processos industriais, além de causar a chuva ácida. Óxido de enxofre: derivado da queima para geração de energia, também percussores da chuva ácida. Monóxido de carbono: gerado pela combustão incompleta, é inerte para o meio ambiente, porém causa grandes problemas de saúde para a saúde humana levando até a morte. As práticas de controle de poluentes compreendem o tratamento e a disposição final dos resíduos. Os compostos orgânicos voláteis (COV's) vaporizam facilmente em razão da baixa pressão formados por hidrocarbonetos são gerados comumente pela decomposição de matéria orgânica e algumas plantas.

O poluente em forma líquida, dissolvido ou emulsionado contém vários constituintes, já que o ar é uma mistura que e sua qualidade é determinada de acordo com tais taxas. O poluente atmosférico é considerado qualquer substância presente no ar que possa torna-lo impróprio ou inofensivo, danoso aos materiais (fauna e flora) podendo ser classificados em: i) primários: emitidos pelas fontes de emissão; ii) secundários: formados por reações químicas (MOREIRA, 2013)

As características dos efluentes líquidos definem o conteúdo existente na água como de natureza: i) física: sólidos contendo orgânicos (hidrocarbonetos, gorduras e

fenóis); ii) químicas: metais pesados, nitrogênio; iii) biológicas: resíduos animais ou vegetais que possam conter sulfeto de H_2 , metano e oxigênio. Os poluentes devem ser considerados a partir do tratamento que necessita a fim dos efeitos considerados: i) sólidos em suspensão que provoquem a formação de depósitos de lodo em condições anaeróbicas; ii) orgânicos biodegradáveis que são compostos por proteínas, hidrocarbonetos e gorduras que se reduzem a DBO; iii) nutrientes (N e fósforo) propiciam o crescimento de microrganismos e vegetação com alto teor de nutrientes que provocam a eutrofização; iv) poluentes primários são compostos orgânicos e inorgânicos que tem perigo à saúde humana devido a alta toxicidade; v) COV:: desprendidos durante o processo de tratamento são tóxicos e causam problemas atmosféricos. É fundamental conhecer os usos de solo da bacia hidrográfica em que as atividades sejam desenvolvidas para efeito de minimização dos I.A's e tais recuperações podem ser: i) não estruturais: não requerem alterações físicas, mas inclui políticas administrativas e legais que limitam ou regulamentam as atividades produtivas; ii) estruturais: demandam alteração física no corpo incluindo reformas estruturais que restauram as condições naturais dos rios e matas ciliares. Os tratamentos podem se diferenciar por preliminares – remoção de sólidos a modo grosso, areia –; primário (físico-químico) – ajuste de PH, coagulação, decantação e flotação que visa remover sólidos sedimentares; terciário – filtração, ozonização, absorção e osmose – visa remover nutrientes como fósforo. Os resíduos sólidos são considerados todos os sólidos negativos que resultam de atividade produtiva ou qualquer natureza de variação e serviços e são diferenciados a partir da periculosidade que apresentam: i) classe I: perigosos – requer a maior atenção devido o risco à saúde e meio ambiente e podem ser incinerados ou dispostos em aterros sanitários próprios; ii) classe II A: não perigosos: não inertes – são dispostos em aterros ou reciclados porém devem ser observados os componentes (partículas) a fim de avaliar a melhor destinação; iii) classe II B: inertes – são reciclados ou dispostos em aterros sanitários. A grande barreira na gestão de resíduos sólidos são os custos envolvidos no processo, visto a tributação através de taxa de limpeza (ADISSI, PINHEIRO e CARDOSO, 2013).

Como a maior geração de resíduos do processo de celulose se concentra em maior parte no processo de obtenção da celulose branqueada, esta pesquisa apenas analisará os resíduos (que não são reaproveitados no processo) e ponderá-los posteriormente. Resíduos que são utilizados no sistema produtivo como o licor negro que origina o licor verde e posteriormente o licor branco, não será ponderado nem

considerado como resíduo em potencial por estes, não serem descartados na atmosfera, meio ambiente ou estação de tratamento de efluentes.

Os resíduos são substâncias descartáveis de atividades que podem prejudicar o meio ambiente e no caso da madeira, como casca e serragem que são produzidos em vários processos podem ser utilizados como matéria-prima ou fontes de energia em outras etapas produtivas (BLOEMHOF-RUWAARD *et al.* 1996).

O processo produtivo industrial tem basicamente três fases: Consumo de recursos, processamento e geração de resíduos. Cada uma dessas fases traz grandes consequências ao meio ambiente. Resíduos sólidos são materiais heterogêneos resultantes das atividades humanas e da natureza, constituindo problemas sanitário, ambiental, econômico e estético e são classificados quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente, segundo a NBR 10.004 da ABNT. Os resíduos sólidos gerados na indústria celulose são considerados pela legislação brasileira como não-perigosos (classe III). No entanto, é considerável a quantidade e variedade, desses resíduos. São aproximadamente 48 t de resíduos para cada 100 t de celulose produzida (MIRANDA, 2008)

A indústria de celulose Kraft gera, em seu ciclo produtivo, diversos resíduos por muito tempo considerados resíduos. Já os resíduos orgânicos como biomassa, lodo primário e rejeito da depuração, quando submetidos a processo de compostagem se tornam aptos à aplicação como fertilizantes orgânicos, e quando misturado a resíduos inorgânicos como cinzas, *dregs*, *grits* e lama de cal passam a formar um fertilizante de base organomineral, com potencial de aplicação em áreas florestais e demais culturas. Considera-se a opção da queima de resíduos como uma alternativa economicamente viável e ambientalmente correta quando abre possibilidade a redução de combustíveis fósseis (BORGES, *et al.*, 2016).

O processo de fabricação de pasta de Kraft gera resíduos sólidos, como grãos ou partículas de lima que não reagiram e os materiais pretos e esponjosos compostos por carbono, ferro, sílica, potássio, cálcio, alumina, magnésio e alguns sulfetos. Estes são removidos do clarificador de licor verde inserido no processo de recaustificação onde eles se acumularam, gerando impactos ambientais e econômicos (ZAMBRANO *et al.*, 2007).

Para cada tonelada de produção de celulose, 800 kg de resíduos são gerados. Esses resíduos são as sobras que ocorrem no processamento mecânico, físico e químico não sendo incorporados ao produto final. O processo Kraft é o mais empregado para a obtenção de celulose de eucalipto, utilizando o cozimento da madeira a partir do sulfeto

e hidróxido de sódio - licor branco -, sendo o PH entre 14 e 15 no início do cozimento. De cada 1000 toneladas de celulose produzida, 80 toneladas de cinzas são emitidas por dia (BARRETO, 2008).

Normalmente os despejos das fábricas de sulfato têm odores extremamente fortes caracterizados pelos compostos derivados da mercaptana (MIRANDA, 2008).

Segundo Manzardo et al., (2014), a indústria de celulose utiliza recursos intensivos de água, devido a suas operações que são altamente dependentes do uso e a gestão de recursos hídricos (SAPPI, 2012). Portanto, as empresas deste setor precisam assumir uma abordagem responsável para o uso sustentável e conservação de água doce. As fábricas devem considerar a contabilidade da perda de água e madeira obtida de florestas, mas também há necessidade de desenvolver um modelo de contabilidade de água mais específico que considera a eficiência dos processos de produção em fábricas de celulose o efeito sobre a qualidade das águas residuais.

O Quadro 6 aborda os resíduos do processamento de celulose amplamente, mesmo aqueles cuja destinação no processo seja utilizada. A partir dos resíduos levantados serão excluídos aqueles cujo reaproveitamento seja utilizado para então, analisare ponderar somente aqueles cuja emissão no meio ambiente seja direta.

Etapa processo	Resíduo	Composição	Destinação
Descascamento e Picagem	Resíduo Picador	Aparas, cascas, palitos e nós de madeira, madeira, areia	Geração biomassa ou uso nas plantas fabris
Caldeira	Biomassa	Componentes orgânicos (madeira)	Geração energia
Digestor	Água da lavagem	Soda cáustica (hidróxido de sódio - NaOH)	ETE
		Sulfito (Na ₂ CO ₃ Na ₂ SO ₃)	
		Bissulfeto de cálcio (CaS ₂)	
		Dióxido de enxofre (SO ₂)	
		Sulfeto de sódio (Na ₂ S)	
Digestor	Licor Negro	Hidróxido de sódio (NaOH) e o sulfeto de sódio (Na ₂ S) e água (H ₂ O)	Transformação do licor verde

Forno de recuperação	Licor Verde	(Ca(OH) ₂) (Na ₂ CO ₃)	Transformação do licor branco
Forno de recuperação	Licor Branco	NazCOg, CaONazS, NazCOs	Retorno para digestor
Caldeira de recuperação	Gás da caldeira de recuperação	materiais particulados (MP), compostos de enxofre reduzido total (COV),), óxidos de nitrogênio, compostos orgânicos voláteis, cloro e dióxido de cloro N ₂ O ₅ , SO ₂ , Cl, ClO ₂ , CH ₄ , SO ₂	Necessário tratamento a fim de impedir a infiltração no solo.
Geração de energia	Cinzas de caldeira	Material orgânico e minerais	Pode ser usada para adequação de Carbono no solo
Caldeira de queima da biomassa	Gás da caldeira de biomassa	CO ₂ CO, COV, particulados da cinza,	Filtragem e liberação atmosférica
ETE	Gás da estação de tratamento	NO, N ₂ O	Filtragem e liberação atmosférica
Polpação Kraft	Terpenos		-
Caldeira	Água de lavagem da caldeira	H ₂ O + Compostos orgânicos	ETE e liberação em rio
Lavagem	Água de lavagem da polpa	H ₂ O + Compostos orgânicos	ETE e liberação em rio
Oxidação licor negro	TailOil		-
Manutenção	Água da manutenção	H ₂ O + Compostos químicos	ETE e liberação em rio
Resíduo da fábrica	Óleo, lubrificantes e emulsão oleosa		-
Resíduo da fábrica	Solventes desengraxantes		-
Laboratório	Álcoois, fenóis, metanol, acetona, clorofórmio metil-etil-cetona, Metanol	Álcool	-
Produção	Embalagens de produtos	Embalagens	Aterro

	químicos		
	Resíduos hospitalares	Luvas	Aterro adequado
	Material laboratório		Aterro adequado
	Resíduo de fabricação	Baterias/Pilhas	Aterro adequado
		Lâmpadas fluorescentes	Aterro adequado
		EPI	Aterro adequado
Digestor	Lignina residual	C ₉ H ₁₀ O ₂ , C ₁₀ H ₁₂ O ₃ , C ₁₁ H ₁₄ O ₄	Aterro
ETE	Lodo primário		Aterro
	Lodo secundário/ biológico		Aterro
Manutenção Industrial	Resíduos de Manutenção	Filtros, panos de manutenção	Aterro
Caustificação	Grits (CAL)/Lama de cal	(carbonato de cálcio: (CaCO ₃), (óxido de cálcio (CaO)	Aterro
Recaustificação	Dregs/ Lama do licor Verde		

Quadro 6: Relação de resíduos de processos da obtenção da celulose branqueada

Fonte: Elaboração própria

Foram caracterizados, identificados e analisados os resíduos gerados no processo produtivo mapeado. Entretanto, os resíduos que são reutilizados no processo sem haver destinação final como: licor verde, licor negro, licor branco, resíduo do picador, Biomassa e cinzas da caldeira, não têm impacto ambiental significativo devido a não destinação a aterros ou estação de tratamento, sendo aproveitados no processo produtivo paralelamente.

Os focos principais de preocupação com relação a resíduos são a disposição devido à periculosidade, em aterros próprios e contaminação posterior, visto que resíduos em geral contribuem para a degradação ambiental e oferece riscos à saúde. São considerados resultados de atividades industriais, sendo consideradas a principal fonte de contaminação do solo e estes, devem ser classificados de acordo com as regras de segregação (MOREIRA, 2013). A tabela de classificação de resíduos a seguir, segundo a Norma ABNT 10004:2004.

Classes	Tipo do resíduo
Classe I	Resíduos perigosos (apresentam periculosidade): inflamável, corrosivo, reativo ou tóxico
Classe II A	Resíduos não perigosos e não inertes.
Classe II B	Resíduos não perigosos que em contato com água não solubiliza

Quadro 7: Classificação de resíduos

Fonte: Adaptado Moreira 2013

Para Moraes et al., (2013), além de resíduos indesejáveis no processo de produção de celulose, há de se considerar perdas de madeira no processo de produção de celulose. Tais perdas variam de 10% a 18% em peso, do total de madeira com casca consumida, sendo 8% a 12% desse total representado pelas cascas, totalizando perdas totais no: i) processamento que variam de 2% a 8%, a partir de operações de descascamento: devido à quebra de toras no tambor descascador; e ii) rejeição de cavacos na peneiragem: quando cavacos fora de especificação são rejeitados pela peneira e se incorporam aos resíduos, ou devido ao excesso de alimentação de cavacos para a peneira, o provocando o transbordo de cavacos bons para o rejeito, conforme mostra o quadro 8:

	Processo	Resíduo	Composição
Emis sões gasos as	Caldeira de queima da biomassa	Gás da caldeira de biomassa	CO ₂ CO, COV, particulados da cinza,
	ETE	Gás da estação de tratamento	NO, N ₂ O
	Caldeira e recuperação licor negro	Gás da caldeira de recuperação	CH ₄ , SO ₂
Eflue ntes líqui dos	Polpação Kraft	Terpenos	
	Caldeira	Água de lavagem da caldeira	H ₂ O + Compostos orgânicos
	Lavagem	Água de lavagem da polpa	H ₂ O + Compostos orgânicos
	Oxidação licor negro	TailOil	
	Manutenção	Água da manutenção	H ₂ O + Compostos

			químicos
	Resíduo da fábrica	Óleo, lubrificantes e emulsão oleosa	
	Resíduo da fábrica	Solventes desengraxantes	
	Laboratório	Álcoois, fenóis, metanol, acetona, clorofórmio metil-etil-cetona, Metanol	Álcool
Resíduos sólidos	Produção	Embalagens de produtos químicos	Embalagens
		Resíduos hospitalares	Luvas
		Material laboratório	
		Resíduo de fabricação	Baterias/Pilhas
			Lâmpadas fluorescentes
			EPI
	Digestor	Lignina residual	C ₉ H ₁₀ O ₂ , C ₁₀ H ₁₂ O ₃ , C ₁₁ H ₁₄ O ₄
	ETE	Lodo primário	
		Lodo secundário/ biológico	
	Manutenção Industrial	Resíduos de Manutenção	Filtros, panos de manutenção
	Caustificação	Grits (CAL)/Lama de cal	(carbonato de cálcio: (CaCO ₃), (óxido de cálcio (CaO)
	Recaustificação	Dregs/ Lama do licor Verde	

Quadro 8: Relação de resíduos dos processos da obtenção da celulose branqueada**Fonte:** Elaboração própria

5 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL

Neste capítulo são apresentados os resultados do desenvolvimento do método proposto. A primeira seção apresenta a definição e ponderação dos aspectos de desempenho ambiental representativos para a indústria de celulose Kraft branqueada definidos pelo grupo focado e suas ponderações através do método AHP. Já a segunda seção apresenta os indicadores para a análise de cada aspecto selecionado, o resultado das ponderações além da apresentação de escalas de medição criadas. A terceira seção apresenta a fórmula que sintetiza o cálculo do desempenho ambiental de empresas do setor, aqui chamado de Índice de Desempenho Ambiental (IDA).

Fechando o presente capítulo, a quarta sessão apresenta, como exemplo de aplicação, os resultados obtidos pela aplicação da ferramenta em uma empresa do setor cumprindo, assim, os objetivos do presente estudo.

5.1 Definição e ponderação dos aspectos

Os aspectos definidos pelo grupo focado para a avaliação de desempenho ambiental de empresas de celulose Kraft branqueada foram selecionadas baseadas na natureza dos resíduos considerados, quais sejam: i) emissões atmosféricas; ii) efluentes líquidos; e iii) resíduos sólidos.

Selecionados os principais aspectos ambientais realizaram-se as ponderações através do método AHP. O objetivo desta ponderação consistiu na identificação dos respectivos pesos de cada aspecto conforme o potencial impacto ambiental de cada um deles. Os resultados alcançados apresentaram grau de consistência (CR) de 3,70%, o que evidencia a coerência dos julgamentos uma vez que os valores de CR abaixo de 10% são considerados satisfatórios (SAATY, 2005). A Figura 5 apresenta a decisão hierárquica dos aspectos selecionados.

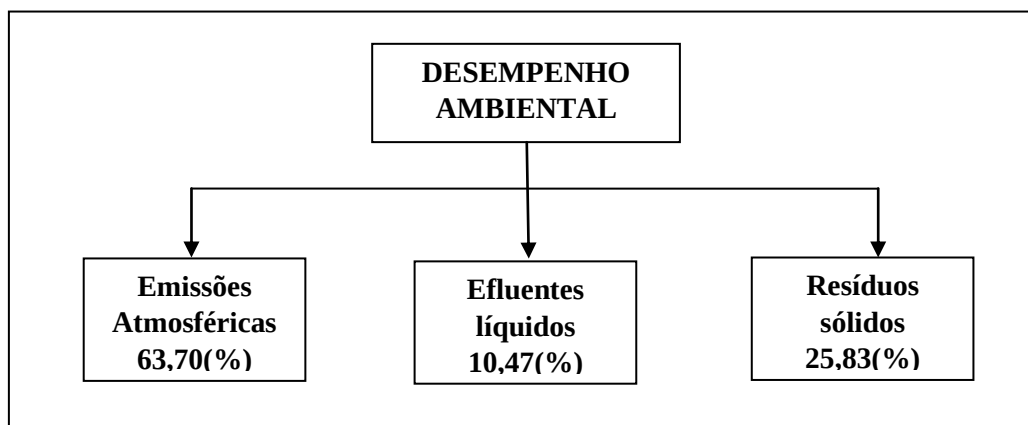


Figura 5:Relação de aspectos ponderados
Fonte: Elaboração própria

5.2 Definição, ponderação dos indicadores e criação das escalas de medição

Como indicadores que compõem a ferramenta proposta, foram selecionados os resíduos desta indústria de acordo com a natureza de sua composição. Assim, como efluentes líquidos tem-se: a) terpenos; b) água de lavagem da caldeira; c) água de lavagem da polpa; d) TailOil; e) água de manutenção; f) óleos; g) solvente desengraxante; e h) alcoóis. Como resíduos sólidos foram considerados: a) embalagem de produtos químicos; b) resíduos hospitalares; c) material laboratorial; d) resíduos de manutenção; e) lignina residual; f) lodo primário; g) lodo secundário; h) dregs; i) grits; j) lâmpadas; e k) EPI's. Por fim, os resíduos que compõem o aspecto emissões atmosféricas são: a) gás de caldeira da biomassa; b) gás de caldeira de recuperação; e c) gás da ETE.

Para a realização do desempenho ambiental de empresas do setor, foram criadas escalas de medição para a mensuração das práticas adotadas. Assim, para cada indicador foi criada uma escala de desempenho de três níveis (0,0; 0,50; 1,00) para captar as práticas empresariais com relação aos quesitos avaliados. As escalas criadas estão representadas nos anexos de AaoI. Ressalta-se que, dada à natureza similar de alguns indicadores, uma mesma escala pode servir para a avaliação de mais de um indicador.

O total de 23 indicadores selecionados foi ponderado de acordo com o aspecto a que pertencem, sendo os resultados desta ponderação apresentados no Quadro9, que apresenta os 3 aspectos considerados e seus indicadores, os resultados das ponderações e a escala de avaliação a ser adotada.

Aspectos	Indicadores	Peso	Escala de Avaliação
Efluentes líquidos (63,70%)	Terpenos	12,91%	2
	Água de lavagem da caldeira	5,24%	1
	Água de lavagem da polpa	42,14%	1
	TailOil	20,45%	2
	Água de manutenção	3,03%	1
	Óleos	7,98%	3
	Solvente desengraxante	5,73%	3
	Álcoois	2,52%	1
Resíduos sólidos (25,83%)	Embalagens de produtos químicos	2,35%	6
	Resíduos hospitalares	3,87%	7
	Material laboratorial	3,18%	5
	Resíduo de manutenção	1,93	6
	Lignina residual	20,23%	8
	Lodo primário	16,56%	4
	Lodo secundário	12,3%	4
	Dregs	21,74%	4
	Grits	13,57%	3
	Baterias	1,46%	7
	Lâmpadas	1,54%	5
	EPI	1,27%	6
Emissões atmosféricas (10,47%)	Gás caldeira de biomassa	30,3%	9
	Gás da caldeira de recuperação	40,42%	9
	Gás da ETE	29,28%	9

Quadro 9: Relação de indicadores ponderados
Fonte: Elaboração própria

5.3 Índice de Desempenho Ambiental e Escala de Avaliação

Após a definição e ponderação dos aspectos e indicadores bem como a definição das escalas de medição, o cálculo do desempenho ambiental foi sintetizado em uma fórmula, doravante chamada de IDA (Índice de Desempenho Ambiental). A expressão representativa de IDA está descrita em (1).

$$IDA = \sum_{i=1}^6 \left(P_i \left(\sum_{j=1}^{n_i} I_{jk} \right) \right) \quad (1)$$

Em que:

IDA: Índice de Desempenho Ambiental

p_i : ponderação do constructo ($i = 1, \dots, 3$)

I_j : indicador $j = 1, \dots, n_i$, n_i número de indicadores do aspecto

k : nota da avaliação do indicador, i : 0,00; 0,50; 1,00

Para tornar o resultado mais objetivo, adotou-se a Escala de Desempenho Global criada por RODRIGUES et al. (2015) que permite a comparação de desempenho ambiental da empresa numa escala de tempo e da empresa entre seus pares, independentemente de porte, consumo de recursos e especificidade do produto fabricado. Desta maneira, a nota total será obtida a partir do somatório das notas obtidas em cada indicador e posteriormente comparada com a avaliação global. Conforme mostra o Quadro 10:

Nível	Grau de atendimento	Constatações
A	96% – 100%	A empresa demonstra ótimo desempenho ambiental e existem evidências de melhoria contínua.
B	81% – 95%	A empresa demonstra bom desempenho ambiental e existem evidências de monitoramento e busca de redução de impactos.
C	61% - 80%	A empresa demonstra iniciativas para um bom desempenho ambiental. As exigências legais são basicamente cumpridas.
D	Até 60%	São necessárias ações consistentes para a busca de desempenho ambiental. As exigências foram cumpridas em partes.

Quadro 10: Escala de Desempenho Global

Fonte: Elaboração própria

5.4 Aplicação da ferramenta proposta

Após a sistematização do aspecto e apresentação da Escalas de Desempenho Global, a aplicação do método desenvolvido este foi exemplificada em uma unidade produtiva, sendo esta aqui intitulada de “empresa X”.

Com vistas a testar a auto aplicação e consequente avaliação da ferramenta, a mesma foi enviada por e-mail ao responsável pelas práticas ambientais da organização estudada. Ao ser aplicado o questionário selecionando-se o nível em que se as práticas organizacionais eram enquadradas foi possível obter o indicador proposto. Estas

informações foram tabeladas e através da aplicação da Fórmula (1) chegou-se ao IDA de cada aspecto e o IDA geral. O Quadro 12 apresenta estes resultados através da divisão em colunas: a primeira e a segunda coluna apresentam os aspectos, indicadores e suas respectivas ponderações obtidas pelo método AHP; a terceira coluna apresenta resultado parcial da Formula (1). A quarta coluna apresenta a pontuação alcançada pela empresa em cada indicador e a quinta coluna os resultados parciais da empresa frente a cada indicador.

Aspectos e Indicadores	Ponderação	Aspecto x Indicador	Escala Empresa	Resultado Empresa
Efluentes líquidos				
Água lavagem polpa	42,143%	26,845%	1	26,845%
TailOil	20,451%	13,027%	0,5	6,514%
Terpeno/Metanol	12,901%	8,218%	0,5	4,109%
Óleo e emulsão oleosa	7,976%	5,081%	1	5,081%
Solventes	5,731%	3,651%	1	3,651%
Água caldeira	5,242%	3,339%	1	3,339%
Água de manutenção	3,036%	1,934%	1	1,934%
Álcoois	2,519%	1,605%	1	1,605%
Percentual total do aspecto efluente líquido: 53,077%				
IDA Aspecto Efluente líquido: 83,323%				
Resíduos sólidos				
Dregs e lodo de licor verde	21,740%	5,615%	1	5,615%
Lignina residual	20,234%	5,226%	0,5	2,613%
Lodo primário	16,564%	4,278%	1	4,278%
Lodo secundário/Biológico	12,299%	3,177%	1	3,177%
Grits e lama de cal	13,568%	3,504%	1	3,505%
Material Ambulatorial	3,186%	0,823%	1	0,823%
Embalagem de produto Químico	2,345%	0,606%	1	0,606%
Resíduos hospitalares	3,873%	1,000%	1	1,000%
Resíduos de manutenção	1,922%	0,496%	1	0,496%
Baterias/Pilhas	1,465%	0,378%	1	0,378%
Equipamento de Proteção Individual	1,261%	0,326%	1	0,326%

Lâmpada Fluorescente	1,543%	0,399%	1	0,399%
Percentual total do aspecto efluente líquido: 23,217%				
IDA Aspecto Efluente líquido: 89,883%				
Emissões gasosas				
Gás caldeira de recuperação	74,365%	7,788%	0,5	3,893%
Gás biomassa	15,818%	1,657%	1	1,656%
Gás ETE	9,817%	1,028%	1	1,028%
Percentual total do aspecto emissões atmosféricas: 6,577%				
IDA Aspecto emissões atmosféricas: 37,183%				
ÍNDICE DE DESEMPENHO AMBIENTAL – IDA: 82,871% NÍVEL DE ESCALA GLOBAL: B				

Quadro 11: Resultados alcançados pela empresa estudada**Fonte:** Elaboração própria

Os efluentes das fábricas celulose podem ser altamente tóxicos e constituem uma fonte importante de poluição aquática. Na produção de polpa de celulose existe a formação de centenas de compostos produzidos em diferentes estágios do processo produtivo, que podem causar efeitos adversos aos organismos tanto da estação de tratamento de efluentes (ETE) quanto do corpo receptor do efluente. Os efeitos ambientais dos efluentes de fábricas de celulose são atribuídos aos produtos químicos introduzidos durante o processo de fabricação e às interações dos compostos uns com os outros e o meio ambiente durante o tratamento de águas residuais. Os principais problemas desses efluentes são o alto conteúdo orgânico, a coloração marrom escuro e os poluentes tóxicos. Dos grupos de resíduos ponderados através dos pesos dos aspectos, os efluentes líquidos se destacam com uma porcentagem de 63,70% devido à alta quantidade de uso de água no processo além das lavagens da polpa e caldeira para remoção de resíduos e purificação da polpa. Em decorrência disso, os efluentes apresentam uma variedade de compostos químicos, provenientes de diferentes setores da fábrica, que podem ser tóxicos aos rios receptores, mesmo após o tratamento devido à alta carga orgânica, a coloração marrom escuro e de poluentes tóxicos. A presença de sólidos suspensos nos efluentes pode interferir na reprodução de peixes, já que a redução da carga orgânica proporciona a redução dos efeitos sobre a reprodução de

peixes, enquanto que as principais causas da toxicidade aguda dos efluentes são apontadas como os sólidos dissolvidos, amônia, metais, oxidantes, compostos voláteis e sólidos suspensos da ETE.

O impacto ambiental causado por estas descargas líquidas é um problema de caráter grave. Os resíduos industriais são o problema mais complexo quando se fala em efluentes líquidos e o processo de tratamento desse tipo de efluente deve ser o mais econômico e eficiente possível para a indústria e menos prejudicial para a população e o ecossistema em geral. As fontes mais significativas de poluição na indústria de celulose são as etapas de digestão de madeira, polpação, lavagem de celulose e branqueamento. É sabido que efluentes de celulose podem causar sobre organismos aquáticos desde modificações de comportamento e de distribuição populacional até efeitos mais drásticos como alterações no crescimento, lesões de órgãos, e desregulação hormonal, entre outros. As principais causas da toxicidade aguda do efluente de fábricas de celulose são os sólidos dissolvidos, metais oxidantes, compostos voláteis do processo e da ETE e sólidos suspensos da ETE dos processos de branqueamento ácido e alcalino, evaporação e condensação.

Os efluentes líquidos são os mais nocivos devido aos rejeitos da indústria de celulose Kraft que são gerados em seu ciclo produtivo: biomassa de madeira, licor negro, metanol, gases não condensáveis - concentrados ou diluídos -, lodos primário e biológico da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), rejeito da depuração da linha de fibras, lama de cal, cinzas, areia, dregs e grits. Esses insumos podem ser divididos em insumos energéticos - elemento que entra na produção para gerar energia, ou seja, aquele composto orgânico que possui carbono e que apresenta poder calorífico suficiente para a oxidação do combustível - que podem ou não ser reaproveitados no processo conforme Quadro 12. Resíduo Insumo energético como biomassa de madeira, licor negro, metanol, Gases não condensáveis, lodo primário, lodo biológico, rejeito da depuração, Lama de cal, Cinzas, Dregs, Grits. Os óxidos de enxofre, óxido de nitrogênio e material particulado são os principais poluentes a considerar (gás da caldeira de recuperação).

Segundo Santos et al., (2016) o odor é o principal problema ambiental de fábricas de celulose, e o processo Kraft apresenta como característica emissões aéreas poluentes que incluem tanto gases malcheirosos, como também M.P. As principais contribuições para o típico odor das fábricas são os gases de enxofre reduzidos (TRS), além dos óxidos de enxofre (SOX) e de nitrogênio (NOX). Os particulados são constituídos na maior parte por sulfato e carbonato de sódio e/ou de cálcio.

Os produtos químicos utilizados nas fábricas modernas de celulose Kraft, podem ser isentos de cloro elementar, o que leva à geração de subprodutos menos poluentes, possibilitando destinações alternativas, como a queima. Os testes não foram realizados com lodo primário e rejeito de depuração; assim recomenda-se que, caso realizada a combustão desses resíduos, sejam feitas previamente as análises atmosféricas. Contudo, considerando as condições de processo atuais, os resultados serão possivelmente bastante semelhantes àqueles da queima do lodo biológico.

Os resíduos sólidos do processo industrial não condensáveis são há anos caracterizados como fontes de energia e responsáveis pela elevada matriz energética renovável das fábricas de celulose Kraft. O lodo biológico possui características intrínsecas que conferem poder calorífico, o que possibilita geração de energia no processo de queima. O lodo biológico é proveniente da ETE e apresenta os microrganismos em excesso descartados do sistema biológico de tratamento. A utilização de combustíveis renováveis na indústria de celulose Kraft como licor negro, biomassa, metanol e gases não condensáveis leva à redução na emissão de gases de efeito estufa e ganhos financeiros significativos. Já os resíduos orgânicos como biomassa, lodo primário e rejeito da depuração, quando submetidos a processo de compostagem se tornam aptos à aplicação como fertilizantes orgânicos, e quando misturado a resíduos inorgânicos como cinzas, dregs, grits e lama de cal passam a formar um fertilizante de base organomineral, com potencial de aplicação em áreas florestais e demais culturas. A classificação dos resíduos, conforme a NBR 10004/04 da ABNT, se dá pelos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde humana. Estes podem ser classificados em Classe I e Classe II. Os resíduos Classe I são aqueles que apresentam características inflamáveis, corrosivas, reativas ou tóxicas como lâmpadas fluorescentes, óleo queimado, materiais de manutenção e materiais ambulatoriais. Já os resíduos classe II são classificados como não perigosos (plástico, papel e papelão).

6 CONCLUSÃO

Levando em consideração as circunstâncias em relação à evolução ambiental no contexto industrial, este trabalho objetivou elaborar uma ferramenta metodológica quantitativa para auxiliar as empresas pertencentes à indústria de celulose Kraft branqueada a avaliar o desempenho ambiental de forma específica às necessidades produtivas do setor quanto a resíduos dos processos produtivos de branqueamento.

Os fatores: problemática ambiental, originalidade do tema, representatividade econômica e social, e englobando a abrangência para a cadeia produtiva podendo auxiliar também, outros setores cujo estudo seja aplicado, é o que justificada investigação do processo no setor, através dos resíduos gerados em cada etapa produtiva.

O intuito foi identificar os principais conceitos envolvidos na ADA bem como realizar um levantamento de métodos comprovados por literaturas de outros setores industriais e autores que realizaram seu estudo, a partir de indicadores para compor aspectos de gestão de resíduos na indústria e os impactos ambientais. Para a etapa de detalhamento da teoria de Análise do Desempenho Ambiental foi abordada uma pesquisa qualitativa, através do levantamento de dados da literatura acerca dos temas de interesse para a pesquisa em base de dados como Scopus, Web of Science e Google Scholar. Para a coleta de dados, foi necessária a análise documental de textos publicados a respeito da temática como: Gestão Ambiental, Métodos de Avaliação de Desempenho Ambiental e Indicadores de Desempenho Ambiental, bem como os princípios para compor um constructo de ADA.

Como resultado parcial, foram identificados, analisados e descartados àquelas cujo reaproveitamento no processo fosse utilizado como matéria prima para a próxima etapa ou retroalimentação no sistema produtivo a fim de gerar energia para a fábrica. Os demais que são destinados ao descarte no meio ambiente, foram categorizados em 3 aspectos distintos na geração de resíduos produtivos e classificados em 23 resíduos, e portanto necessitavam ser ponderados quanto a sua composição, bem como a operação de origem e possíveis medidas preventivas.

A partir destes dados foi dado início às sessões com a equipe de especialistas que compôs o grupo focado totalizando três sessões. A primeira sessão foi destinada a seleção dos três aspectos: i) emissões atmosféricas; ii) efluentes líquidos; e iii) resíduos sólidos, a fim de avaliar de forma específica os resíduos de cada etapa produtiva. A ponderação ocorreu por meio do método AHP onde os aspectos foram escalados de

acordo com o conhecimento do grupo focado: resultando em, a partir do número de maior grau poluente: efluentes líquidos (63,700%), resíduos sólidos (25,830%), emissões atmosféricas (10,470%). A ponderação dos aspectos resultou em um CR de 3,703%, considerado para a literatura como muito satisfatório, o que garante a confiabilidade dos resultados alcançados.

Os indicadores foram identificados e categorizados na segunda sessão, onde os especialistas chegaram a um total de 23 indicadores que foram mapeados no processo, e subdividiram de acordo com o aspecto de origem, além de ponderar os indicadores de cada aspecto através do AHP.

E por fim, na terceira sessão foram estabelecidas as escalas de avaliação em três níveis (0,0; 0,50; 1,00), a fim de possibilitar a aplicação prática da ferramenta proposta. Através do conjunto das sessões e etapas, a construção da ferramenta de avaliação foi satisfatória para mensurar o desempenho ambiental da indústria Kraft de celulose branqueada, resultando em um Índice de Desempenho Ambiental – IDA, que foi comparado na escala de desempenho ambiental, a fim de demonstrar o perfil da empresa quanto às práticas ambientais da organização numa comparação global.

O resultado metodológico proposto se diferencia dos modelos de avaliação de desempenho apresentados pela literatura pelos seguintes pontos: i) considera as especificidades do processo produtivo da indústria produtora de celulose; ii) baseia-se nos resíduos gerados designadamente neste processo; iii) apresenta ponderação e escalas de avaliação específicas para cada indicador; e iv) apresenta escala de classificação global de desempenho.

Quanto à aplicação prática realizada, foi aplicada em uma empresa grande produtora global de celulose de eucalipto e uma das 10 maiores de celulose comercial do mundo, cuja operação se divide em Florestal, Celulose e Papel e conta com mais de 8.000 funcionários. O IDA obtido foi de 82,871%, e segundo a Escala de Desempenho Global é classificada no segundo nível em que demonstra bom desempenho ambiental e existem evidências de monitoramento e busca de redução de impactos por parte da empresa. Apesar das empresas estarem no mesmo nível segundo a Escala de Desempenho Global criada, o detalhamento de cada aspecto permite identificar as melhores práticas de cada organização, a sua atuação nos aspectos mais relevantes, como também de forma específica, os indicadores que devem ser melhorados.

Desta forma, para enriquecer a análise do aspecto proposto deve-se ir além do IDA geral. Ao fechamento de cada aspecto tem-se um IDA parcial referente ao desempenho do aspecto em si. A partir da análise destes pode-se identificar os aspectos

com práticas mais avançadas demandando ações somente de manutenção, como aspectos com práticas mais atrasadas, demandando planos de ação mais urgentes.

Ainda com vistas a aprofundar a análise do aspecto pode-se analisar a escala obtida por cada indicador e qual a importância relativa dele na hierarquia estabelecida. Indicadores que obtiveram 0,00tem alto percentual na ponderação realizada devem ser prioridade no plano de ação.

Através dos resultados obtidos, pode-se também estabelecer mecanismos de comparação histórica da mesma empresa e/ou entre empresas, possibilitando a criação de planos de ação e facilitando a tomada de decisão. Como proposta de trabalhos futuros tem-se a criação de uma ferramenta técnica on-line disponível de forma gratuita para a aplicação direta por qualquer indústria de celulose, ou agente da cadeia que demande avaliar uma unidade fabril com as características de fabricação celulósica e de papel, bem como a aplicação desta métrica a outros elos da cadeia produtiva de celulose Kraft branqueada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADISSI, P. J.; ALMEIDA NETO, J. A. Conceitos básicos da gestão ambiental. In: ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. S. *Gestão Ambiental de Unidades Produtivas*. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 480.

ALENCAR, J. L. et al. Sistema de gestão ambiental e ISO 14000 na indústria têxtil – A sustentabilidade como tendência. **REGET**, v. 19, n.2, p. 575-586, 2015.

ALMEIDANETO, J. A. OLIVEIRA, L.B.; BRAGA, R. C. S. Avaliação de impactos ambientais. In: ASSIDI, P.J.; PINHEIRO, F.A.; CARDOSO, R.S. **Gestão Ambiental de Unidades Produtivas**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 480.

ALMEIDA, T. S. M.; SELLITTO, M. A. Avaliação de desempenho ambiental de uma instituição pública de ensino técnico e superior. **Produção**, v.23, n.3, p. 625-636, 2013.

ALVES, I.; SANTOS, E.; SILVA, J. Gerenciamento dos resíduos sólidos: estudo de caso de uma indústria de papel tissue em Campina Grande - PB. **Engenharia Ambiental**, v.9, n. 3, Espírito Santo do Pinhal, p. 051-061, 2012.

ANDRADE JUNIOR, M. A. U. **Cenários de Gerenciamento de resíduos de papel sob a óptica da avaliação do ciclo de vida**. Florianópolis. 2015.

ANDRADE, A. S.; HERNANDEZ, J. A. **Polpa e Papel**. Curitiba, PR. 2013.

ANDRADE, C. S.; SOUSA, C. A.; RAUPP, F. Modelo de Avaliação de Desempenho Ambiental. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia da Produção - **ENEGEP**, 2013. 1-7.

ANTONOV, P.; SELLITTO, M. A. Avaliação de desempenho ambiental: estudo de caso na indústria papelreira. **Produção Online**, v. 11, n. 4, p. 1059-1085, 2011.

ARAÚJO, I. M. M.; NASCIMENTO, M. M. B.; OLIVEIRA, A. G. R. C. Recursos hídricos e saúde humana: Impactos ambientais e estratégias de manejo e proteção ambiental no município de Goiânia/PE. **INTERthesis**, v. 13, n. 3, p. 163 - 181, 2016.

BAI, C.; SARKIS, J. Determining and applying sustainable supplier key performance indicators. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 19, n. 3, p. 275-291, 2014. ISSN <https://doi.org/10.1108/SCM-12-2013-0441>.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2008.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 4ª Edição. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BARBIERI, J. C. et al. A incorporação da gestão ambiental na estrutura organizacional. Porto Alegre, p. 140 - 154. 2012.

BARBIERI, J. C.; CAJAZEIRA, J. E. R.; BRANCHINI, O. (2009) Cadeia de suprimento e avaliação do ciclo de vida do produto: revisão teórica e exemplo de aplicação. **O Papel**, 70 (9) p. 52 - 72.

BARRETO, V. C. M. **Resíduos de indústria de celulose e papel na fertilidade do solo e no desenvolvimento de eucalipto**. 2008. 64 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008

BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; VAN WASSENHOVE, L. N.; WEAVER, P. M. An environmental life cycle optimization model for the european pulp and paper industry. **Elsevier Science Ltda**, p. 615-629, 1996.

BORGES, M. T. et al. VALORIZAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL DOS RESÍDUOS: UM ESTUDO DE CASO DA FIBRIA-MS CELULOSE SUL MATO-GROSSENSE. **O Papel**, p. 92-97. 2016.

COELHO, M.R.F.; COELHO, M.H. Panorama da indústria de celulose e papel no Brasil : 2001 a 2011. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 463–474, 2013.

COLARES, A. C. V.; MATIAS, M. A. Análise das Práticas de Gestão Ambiental de Empresas Sediadas no Estado de Minas Gerais-Brasil na ótica da ecoeficiência. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade –GeAS*, 3, 2014. 48-64.

EVANGELISTA, M. L.; REBELATO, F. A. Desenvolvimento do balanced scorecard como ferramenta estratégica para o gerenciamento de serviços médicos – UNIMED Alto Jacuí. **IV Convibra - Congresso Virtual Brasileiro de Administração**, 28 Novembro 2017. 15.

FERREIRA, B. S. **Desenvolvimento de uma estrutura metodológica para avaliação de desempenho ambiental (ADA) do processo de fabricação do couro**. Jaboticabal, SP. 2017.

FERREIRA, H. 2014 - **Aplicação da metodologia de avaliação do ciclo de vida na produção de polpa de concentrado de minério de ferro**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto.

FISCHER, A.; ZYLBERSZTAJN, D. O fomento florestal como alternativa de suprimento de matéria-prima na indústria brasileira de celulose. **REAd. Rev. eletrôn. adm.** (Porto Alegre), v.18, n.2, p.494-520, 2012. ISSN 1413-2311.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S. et al. Environmental impact assessment of total chlorine free pulp from Eucalyptus globulus in Spain. **Journal of Cleaner Production**, p. 1010-1016, 2009.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S. et al. **Environmental performance assessment of hardboard manufacture**. [S.l.], p. 456–466. 2009.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S. et al. Environmental impact assessment of non-wood based pulp production by soda-anthraquinone pulping process. **Journal of Cleaner Production**, p. 137-145, 2010.

GUTIERRES, Henrique E. P. As escalas Geográficas da Certificação ISO 14001: um panorama da gestão ambiental empresaria. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 27, p. 133 – 144, jan./jun. 2013.

JACOVINE, L. A. G. et al. Environmental approach of companies within the pulp/paper, metallurgical and sugar/alcohol sectors. **Scientia Agrícola**, vol. 66, n. 1, 2009.

JANOTTI, P. R. **Constructo metodológico para avaliação de desempenho ambiental na indústria frigorífica de bovinos**. 2017. 2017.

JANOTTI, P. R.; RODRIGUES, A. M.; FERREIRA, B. S. **PREMISSAS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL**. *Desenvolvimento e Gestão*, v.20, n.1, p. 62-74. 2017.

Jiang, R. J., & Bansal, P. 2003. Seeing the need for ISO 14001. **Journal of Management Studies**, v. 40: p. 1047-1067.

KIATKITTIPONG, W.; WONGSUCHOTO, P. Life cycle assessment of bagasse waste management options. **Waste Manage.** 2009. (1628–1633). doi: 10.1016/j.wasman.2008.12.006

KOSKELA, M. Measuring eco-efficiency in the Finnish forest industry using public data. **Journal of Cleaner Production**, p. 316-327. 2015, ISSN : 0959-6526, DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.04.042

LOPES, L. J. et al. Uma análise das práticas de green supply chain management e certificação ISO 14001 no setor automobilístico brasileiro - DOI: 10.15600/1679-5350. **RAU**, v. 13, n. 1, p. 165-188, 2015.

LUZ, S., SELBITTO, M., GOMES, L. 2006. Environmental performance measurement supported by a multicriterial approach: a case study in a manufacturing operation in the automotive industry, **Gestao & Producao**, 13, 557-570.

MACIEL, T. M. S.; ALVES, M. C.; SILVA, F. C. Atributos químicos da solução e do solo após aplicação de resíduo da extração de celulose. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PE, v. 19, n. 1, p. 84-90, 2015.

MÄKELÄ, M. Environmental impacts and aspects in the forest industry: what kind of picture do corporate environmental reports provide? **Forest Policy Econ.**, 80 (2017), p. 178-191

MANZARDO, A. et al. Integration of water footprint accounting and costs for optimal chemical pulp supply mix in paper industry. **Journal of Cleaner Production**, p. 167-173, 2014.

MARQUES, J. R. Os danos causados ao meio ambiente por poluição sonora, eletromagnética, visual e luminosa: reparação, sanções penais e administrativas. **Direito Coletivo Artigo**, p. 215 - 294, 2015.

MARQUES, M. L. et al. Potencialidades do uso de resíduos de celulose (Dregs/Grits) como agregado em argamassas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, p. 423-431, 2014.

- MARTINS, M. R. S.; SILVA, J. G. F. O sistema de gestão ambiental baseado na ISO 14000: Importância do instrumento no caminho da sustentabilidade ambiental. **REGET**, v. 18 n. 4, p. 1460-1466, 2014.
- MELO, J. R.; LIMA, E. P.; GIMENES, M. L. Estudo computacional das emissões e dispersões atmosféricas do processo Kraft de produção de celulose: avaliação da qualidade do ar. **Engenharia Sanitária Ambiental**, p. 1 - 8, 2015.
- MERSONI, C.; REICHERT, G. A. Comparação de cenários de tratamento de resíduos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.22, n.5, p. 863-875, 2017.
- MIRANDA, R. E. S.; **Impactos Ambientais Decorrentes dos Resíduos Gerados na Produção de Papel e Celulose**. 37 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.
- MODOLO, R.; BENTA, A.; FERREIRA, V. M.; MACHADO L.M. Pulp and paper plant wastes volarisation in bituminous mixes, **Waste Manage.**, 30 (2010), pp. 685-696
- MORAES, F. A. B.; PIRATELLI, C. L.; ACHCAR, J. A. Condições ideais para o consumo específico de madeira na produção de celulose madeira na produção de celulose. **Produção**, vol. 24, n. 3, 2013.
- MOREIRA, M. S. (2006). **Estratégia e implantação do sistema de gestão ambiental: modelo ISO 14.000**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda.
- MOREIRA, M. S. **Sistema de Gestão Ambiental (Modelo ISO 14001: 2004)**. Nova Lima: Falconi, 4ª edição, 2013. 307 p.
- MOTA, T. R., et al. Utilização da água de sistemas de ar condicionado visando o desenvolvimento sustentável. <http://www.aedb.br>. Acesso: 17/08/2016.
- OCIEPA-KUBICKA, A.; PACHURA, P. Eco-innovations in the functioning of companies. **Enviromental Research**, v. 156, p. 284-290, Julho 2017. ISSN <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.02.027>.
- OLIVEIRA, J. A. et al. IDENTIFICAÇÃO DOS BENEFÍCIOS E DIFICULDADES DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM EMPRESAS INDUSTRIAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Produção Online**, v. 15, n.2, p. 458-481, 2015. ISSN DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v15i2.1751>.
- OLIVEIRA, E. C.; PEREIRA, R. S.; GASPAR, M. A. Análise da produção científica nacional sobre gestão ambiental no setor sucroenergético brasileiro. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 39 - 63, 2014.
- REBELATO, M. G.; MADALENO, L. L.; RODRIGUES, A. M. Análise do desempenho ambiental das usinas sucroenergéticas localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 3, 2016.
- REIS, H. M.; SILVA, R. J.; MACEDO, J. C. F. Análise exergética e ambiental do processo de obtenção do licor de cozimento Kraft para extração de celulose. **COBEQ - Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 19 a 22 Outubro 2014. 1 - 8.
- RIBEIRO NETO, D. F.; SOARES, T. S. Dinâmica do mercado mundial de papel entre 1961 e 2010. **Scientia Plena**, v. 12, n.4, 2016, doi: 10.14808/sci.plena.2016.047301

ROCCHI, A.; OLIMPIA, M. An Innovative Use of Eco-management Scheme: Some New Applications. **Universal Journal of Management**, 2018, v. 1, n. 6, p. 34-37. ISSN DOI: 10.13189/ujm.2018.060104.

RODRIGUES, A. M. **Estudo do desempenho ambiental de empresas industriais do setor metal-mecânico do município de Sertãozinho/ SP**. Jaboticabal. 2014.

RODRIGUES, A. M. et al. **Estudo do desempenho ambiental de empresas industriais do setor metal-mecânico do município de Sertãozinho/SP**. [S.l.]. 2015.

SAATY, T. L. **Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process**. Pittsburgh, PA. 1994.

SANTOS, R. Q.; SOARES, N. S.; SOUSA, E. P. Determinantes da oferta de exportação de papel no Brasil. **Revista de Estudos Sociais**, v.18, n. 36, p. 88-106, 2016

SANTOS, M. R. C.; RODRIGUES, G. S. Socio-Environmental and Sustainability assessment for technology innovations at petens productions in Brazil. **Journal of technology management & innovation**, p. 123-128, 2008, ISSN: 0718-2724, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242008000100012>.

SEBEN, L.; PAULA, I. C.; VIANA, S. G. Seleção de processo de polpeamento de celulose flexível a diferentes materiais vegetais frente a critérios ambientais e econômicos da sustentabilidade. **VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. 2012, ISSN 1984-9354

SELLITTO, M. A.; BORCHARDT, M. Avaliação de desempenho ambiental nas operações de duas empresas regionais de saneamento urbano. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 5, n. 4, p. 153 - 168, 2010.

SELLITTO, M. A.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. M. Modelagem para avaliação de desempenho ambiental em operações de manufatura. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 1, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2010000100008>

SHEN, L. et al. A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. **Resources, Conservation and Recycling**, v.74, p. 170-179, 2013, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.006>.

SILVA, A. R. L.; MELLO, A. S.; SOUZA, S. O processo de terceirização nas relações organizacionais. **FAE**, Curitiba, v. 16, n.1, p. 126-141, 2013.

SIQUEIRA, F. B.; HOLANDA, J. N. F. **Effect of incorporation of grits waste on the densification behavior of soil-cement bricks**. *Cerâmica*, p. 1678-4553. 2015.

TRIERWEILLER, A. C. et al. Environmental management performance for Brazilian industrials: measuring with the item response theory. **Work**, v. 41, n.1, p. 2179-2186, 2012. <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-2012-1023-2179>

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. Celulose de fibra longa: uma oportunidade para a indústria brasileira? **BNDES Setorial** 39, Rio de Janeiro, n. 39, p. 281-342, 2014.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. **A indústria do papel e celulose**, BNDES 60 anos: perspectivas setoriais, Rio de Janeiro, v. 1, 2012. p. 334-381. ISBN : 9788587545442

WANG, Y.; CHEN, Y.; BENITEZENITEZ-AMADO, J. How information technology influences environmental performance. **International Journal of Information Management**, v. 35, n. 2, p. 160–170. 2015. CIDS SOILS' PH AND

ZAMBRANO, M. et al. Acids Soil's PH and nutrient improvement when amended with inorganic solid wastes from Kraft Mill. **Journal of the Chilean Chemical Society**, vol. 52, n. 2, p. 1169-1172, 2007.

ZEVIANI, C. H.; RODRIGUES, A. M.; REBELATO, M. G. Levantamento da Produção Científica Brasileira em Gestão Ambiental Empresarial em periódicos da área de administração entre 2007 e 2012. **Convibra**, p. 1 - 17, 2013.

Apêndice A. Escala de Avaliação 1 – Efluentes líquidos

Nível	Descrição	Valor
1	Não desenvolve ação específica	0,00
2	Destina adequadamente para tratamento ou ETE	0,50
3	Destina adequadamente para tratamento	1,00

Apêndice B. Escala de Avaliação 2 – Efluentes líquidos

Nível	Descrição	Valor
1	Não desenvolve ação específica	0,0
2	Possui gestão e controle do efluente (destinação e tratamento) e monitora a geração com indicadores específicos	0,5
3	Além de monitorar a geração e definir metas de redução, investe em tecnologias para a redução da geração.	1,00

Apêndice C. Escala de Avaliação 3 – Efluentes líquidos

Nível	Descrição	Valor
1	Não desenvolve ações específicas.	0,00
2	Possui gestão e controle do efluente (destinação e tratamento) e monitora a geração com indicadores específicos.	0,50
3	Além de monitorar a geração e definir metas de redução, investe em tecnologias para a redução da geração.	1,00

Apêndice D. Escala de Avaliação 4 – Resíduos sólidos

Nível	Descrição	Valor
1	Não desenvolve ações específicas	0,00
2	Possui destinação do resíduo a aterro licenciado e monitora a geração com indicadores específicos	0,50
3	Destina o resíduo a aterro licenciado, monitora a geração com indicadores específicos, possui meta e investe em tecnologia para redução de resíduo	1,00

Apêndice E. Escala de Avaliação 5 – Resíduos sólidos

Nível	Descrição	Valor
1	Não desenvolve ações específicas	0,0
2	Destina para o fornecedor da lâmpada e possui CADRI, porém não exerce controle sobre o tratamento dado	0,5
3	Possui gestão e destinação adequada do resíduo, CADRI, monitora a geração com indicadores específicos, possui metas de redução e investe em tecnologias substitutas ou de redução	1,00

Apêndice F. Escala de Avaliação 6 – Resíduos sólidos

Nível	Descrição	Valor
1	Não possui ações específicas	0,0
2	Possui gestão e destinação correta do resíduo e CADRI	0,5
3	Possui gestão e destinação correta do resíduo, CADRI, monitora a geração com indicadores de específicos e treina os funcionários para a correta conservação	1,00

Apêndice G. Escala de Avaliação 7 – Resíduos sólidos

Nível	Descrição	Valor
1	Não possui ações específicas	0,0
2	Possui gestão e destinação correta do resíduo e CADRI	0,5
3	Possui gestão e destinação correta do resíduo, CADRI, monitora a geração com indicadores de específicos e possui metas de redução	1,00

Apêndice H. Escala de Avaliação 8 – Resíduos sólidos

Nível	Descrição	Valor
1	Não possui ações específicas.	0,00
3	Realiza a tríple lavagem e realiza a destinação/venda para a reciclagem.	0,50
5	Realiza a tríple lavagem e realiza a destinação/venda para a reciclagem, monitora a geração com controles específicos, possui metas de redução e investe em tecnologias substitutas ou de redução.	1,00

Apêndice I. Escala de Avaliação 9 – Emissões gasosas

Nível	Descrição	Valor
1	Não desenvolve ações específicas	0,00
2	Possui sistema de controle de exaustão, monitora a emissão com indicadores específicos e possui metas de redução de emissões	0,50
3	Possui sistema de controle de exaustão, monitora a emissão com indicadores específicos, possui metas de redução e investe em tecnologias para reduzir a geração	1,00