



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICO, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

ALINE KIMBERLY ALMEIDA RODRIGUES

**INDÚSTRIAS DE PAPEL E CELULOSE: RISCOS AMBIENTAIS E À
SAÚDE**

REDENÇÃO

2018

**Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro- Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB (Sibiuni)
Biblioteca Setorial Campus Liberdade**

Catálogo na fonte

Bibliotecário: Gleydson Rodrigues Santos – CRB-3 / 1219

-
- R611i Rodrigues, Aline Kimberly Almeida.
Indústrias de papel e celulose: riscos ambientais e à saúde. / Aline Kimberly Almeida Rodrigues.
- Redenção, 2018.
33 f.; 30 cm.
Monografia do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídrico, Ambientais e Energéticos do Instituto De Engenharias e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.
Orientadora: Profa. Dra. Rita Karolinny Chaves de Lima.
1. Indústria de celulose – riscos ambientais. 2. Indústrias de papel e celulose. 3. Impactos ambientais. I. Título

CDD 676.200

ALINE KIMBERLY ALMEIDA RODRIGUES

INDÚSTRIAS DE PAPEL E CELULOSE: RISCOS AMBIENTAIS E À
SAÚDE

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientadora: Prof. Rita Karolinny Chaves de Lima.

REDENÇÃO
2018

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA
AFRO-BRASILEIRA

ALINE KIMBERLY ALMEIDA RODRIGUES

INDÚSTRIAS DE PAPEL E CELULOSE: RISCOS AMBIENTAIS E À
SAÚDE

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: ____/____/____

Nota: ____

Banca Examinadora:

Dra. Rita Karolinny Chaves de Lima (Orientadora).
IEDS/UNILAB

Dr. José Cleiton Sousa dos Santos
IEDS/UNILAB

Msc. Ana Kátia de Sousa Braz
IEDS/UNILAB

AGRADECIMENTOS

A Deus e minha família.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|----------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas. |
| ABTCP | Associação Brasileira Técnica de Papel e Celulose. |
| BNB | Banco do Nordeste do Brasil. |
| BNDES | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. |
| BRACELPA | Associação Brasileira de Celulose e Papel. |
| CELPA | Associação da Indústria Papeleira. |
| CETESB | Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. |
| CIO | Dióxido de cloro. |
| CL | COLORO |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente. |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxigênio. |
| DEPEC | Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. |
| DQO | Demanda Química de Oxigênio |
| EIA | Estudo de Impacto Ambiental. |
| ECF | <i>Elementary Chlorine Free.</i> |
| EPC | Equipamento de Proteção Coletiva. |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual. |
| IBAMA | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. |
| IPCS | Programa Internacional de Segurança Química. |
| ISO | Organização Internacional para Normalização. |
| LWC | <i>Light Weight Coated Paper.</i> |
| MP | Ministério Público. |
| MWC | <i>Medium Weight Coated Paper.</i> |
| NBR | Norma Brasileira. |
| NOx | Óxidos de Nitrogênio. |
| OMS | Organização Mundial da Saúde. |
| PA | Polícia Ambiental. |
| PIB | Produto Interno Bruto. |
| PNMA | Política Nacional do Meio Ambiente. |
| PNRS | Política Nacional de Resíduos Sólidos. |

| | |
|--------|--|
| POPs | Poluentes Orgânicos Persistentes. |
| RIMA | Relatório de Impacto ao Meio Ambiente. |
| SEMACE | Superintendência Estadual do Meio Ambiente. |
| SOx | Óxidos de Enxofre. |
| STD | <i>Standard.</i> |
| SUDENE | Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. |
| TCF | <i>Totally Chlorine Free.</i> |
| TRS | Compostos de Enxofre Total Reduzido. |
| VOCs | Compostos Orgânicos Voláteis. |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 12 |
| 2.1 | Elementos Históricos..... | 12 |
| 2.2 | Matérias-Primas | 13 |
| 2.3 | Processo de Produção de Celulose e Papel | 15 |
| 2.4 | Mercado e Incentivos Fiscais | 17 |
| 3 | METODOLOGIA | 18 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 19 |
| 4.1 | Legislação e Impactos Ambientais | 19 |
| 4.1.1 | <i>Efluentes Líquidos</i> | 23 |
| 4.1.2 | <i>Emissões Atmosféricas</i> | 25 |
| 4.1.3 | <i>Resíduos Sólidos</i> | 25 |
| 4.1.4 | <i>Ruídos</i> | 26 |
| 4.2 | Saúde Ocupacional | 26 |
| 4.3 | Controle e Tratamento dos Poluentes..... | 29 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 30 |
| | REFERÊNCIAS | 30 |

INDÚSTRIAS DE PAPEL E CELULOSE: RISCOS AMBIENTAIS

Aline Kimberly Almeida Rodrigues¹

Rita Karoliny Chaves de Lima²

RESUMO

A sustentabilidade é uma premissa básica da sociedade moderna, com reflexos claros na política ambiental das indústrias. É necessário combater a poluição, reduzindo os riscos inerentes aos ecossistemas e à saúde da população. É nesse cenário que o setor de papel e celulose, que atualmente tem importância de destaque na economia nacional, está inserido. Seus processos produtivos têm grande potencial de agressão ao meio ambiente, provocando danos em várias esferas dos meios bióticos e abióticos, entre as quais se incluem a poluição hídrica, atmosférica, do solo e sonora. Além disso, afeta a saúde ocupacional de seus operários. Os motivos estão associados fortemente ao elevado consumo de água e ao uso de uma grande quantidade de diversos produtos químicos. Considerando tal contexto, o presente trabalho teve como objetivo levantar os principais impactos ambientais gerados pelas indústrias de papel e celulose, fazendo um breve contraponto com os riscos para saúde humana. Para tal, foi realizada pesquisa exploratória, bibliográfica e descritiva com base em recursos digitais e impressos.

Palavras-chave: Indústrias de Papel e Celulose. Impactos Ambientais. Saúde Ocupacional.

ABSTRACT

Sustainability is a basic premise of modern society, with clear reflections on the environmental policy of industries. It is necessary to combat pollution by reducing the risks inherent in ecosystems and on the health of population. The paper and pulp (cellulose) sector is inserted in such scenario, playing an important role in the national economy. Its productive processes have great potential of aggression to the environment, producing damage in several spheres of the biotic and abiotic means, among which include water, atmospheric, soil and noise pollution. In addition, it affects the occupational health of its workers. The reasons are strongly associated with high water consumption and the use of a large amount of various chemicals. Considering this context, the present work had as objective to raise the main environmental impacts generated by the paper and pulp industries, making a brief counterpoint with the risks to human health. In this way, an exploratory, bibliographic and descriptive research was carried out based on digital and printed resources.

Keywords: Paper and Pulp Industries. Cellulose. Environmental Impacts. Occupational Health.

¹Estudante do Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e Universidade Aberta do Brasil, polo Redenção.

²Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é um dos desafios da sociedade moderna e compreende basicamente as atitudes conscientes tomadas no presente, visando o atendimento das demandas das futuras gerações. O intuito é garantir o desenvolvimento social e econômico, além de assegurar a preservação ambiental. Há uma preocupação central em torno do crescimento populacional e do uso racional dos recursos naturais ligados à atividade produtiva. Diante desse cenário, para se adequar aos requerimentos de sustentabilidade cada vez mais em evidência, as indústrias estão procurando reduzir significativamente a geração de poluentes. Uma das medidas adotadas é a diversificação das fontes de matérias-primas, aumentando o uso das renováveis e contribuindo, assim, para o combate da degradação ambiental (FILHO, 2003).

Em meados do século XVIII, a revolução industrial na Inglaterra foi considerada o grande passo inicial para a expansão da transformação produtiva, levando a consideráveis danos ambientais. Os equipamentos e processos produtivos utilizados tiveram grande participação no aumento, sem precedentes, dos índices de poluição daquela época. Não por acaso, nos dias de hoje, é fato que o crescimento industrial tem sido decisivo para aumentar a poluição tanto na esfera abiótica, como biótica. As consequências da poluição são graves e muitas: aquecimento global e efeito estufa, redução da camada de ozônio, degradação do solo, chuva ácida, extinção de espécies, intempéries climáticas, contaminação de fontes de água, doenças, destruição de habitats, redução da biodiversidade e inúmeros outros casos (GOIS LEAL; FARIAS; ARAÚJO, 2008).

O Brasil vem procurando atuar ativamente nas causas ambientais, apesar de ser considerado um dos maiores emissores de gases poluentes do mundo. Nas últimas décadas vem buscando adotar medidas sérias de desaceleração da poluição em defesa da preservação ambiental. Prova disso é que o país assinou e ratificou importantes acordos globais, entre os quais figuram o Protocolo de Quioto, o Protocolo de Montreal e o Acordo de Paris. Além disso, há em vigência uma política ambiental forte, embora ainda pouco efetiva na prática. É consenso que as leis ambientais no Brasil estão entre as mais completas e avançadas do mundo (ALMEIDA; RODRIGUES; SANTANA, 2014).

No contexto da poluição, alguns ramos industriais, como os de siderurgia e petroquímica, são considerados bastante agressivos ao meio ambiente, exigindo assim maior rigor dos órgãos ambientais. É o caso, também, da indústria de papel e celulose, que destina-se a produção dos mais variados tipos de papel e da própria celulose que é utilizada como matéria-prima na fabricação do papel. A celulose encontra aplicação ainda em vários outros segmentos, atuando como agente antiendurecimento e de gelificação, emulsificador, estabilizador, dispersante e espessante (LENGOWSKI et al., 2013). A indústria alimentícia a usa para engrossar e estabilizar alimentos, substituir gordura e aumentar o teor de fibras. Na fabricação de papel, além da celulose, podem ser utilizados papéis reciclados e pastas mecânicas como fontes de fibras (CAMPOS, 2010).

A celulose é extraída da madeira (no Brasil, sobretudo do eucalipto), cuja obtenção requer extensas áreas de florestas homogêneas, o que infelizmente acaba por determinar, por vezes, à eliminação de amplas áreas de floresta nativa e pode levar até ao desmatamento, o que acarreta tanto mudanças climáticas, como inúmeros outros problemas ambientais e territoriais. Esse tipo de indústria também oferece risco ambiental no que tange a elevada quantidade de água e produtos químicos que faz uso, assim como nos efluentes líquidos e emissões de gases que gera (MIELI, 2007). Os padrões de gerenciamento ambiental das indústrias de papel e celulose são regidos pela Organização Internacional para Normalização – ISO (*International Organization for Standardization*), que estabelece as normas técnicas de vários campos em quase todo o mundo. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT é a representante brasileira na ISO. A implementação de sistemas de gestão ambiental nas organizações é orientada especificamente pela ISO 14001.

A preocupação com o elevado potencial de degradação ambiental do setor de papéis e celulose aumenta, à medida que se constata que o mercado mundial desse tipo de indústria têm alcançado bons índices nos últimos anos (cresce proporcionalmente ao PIB mundial e ao nível educacional). O setor é de grande representatividade não apenas para a economia mundial como também para conjuntura nacional. O Brasil é um dos maiores produtores de papel e celulose do mundo. Considerando o contexto exposto, o presente trabalho teve como objetivo levantar os principais impactos ambientais gerados pelas indústrias de papel e celulose, fazendo um breve contraponto com os riscos para saúde humana.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Elementos Históricos

Inicialmente os homens utilizavam como meio de comunicação os desenhos em rochas, ossos, pedras, madeiras e argilas. Posteriormente, com a evolução na área cognitiva e tecnológica, foram criados outros diferentes mecanismos auxiliares, usando cerâmicas, couro, pele e cascas de árvores, dentre outras fibras (PROENÇA, 2005). Shreve e Brink (1980) citam que outras formas de produção de papel foram desenvolvidas no Egito por volta de 3.700 a.C., com a criação do papiro proveniente do caule de uma planta da família das Cyperaceas, a *Cyperus papyrus*. Além disso, em 200 a.C., os persas trabalharam com o pergaminho. As criações oriundas de fibras de vegetais foram as que mais vigoraram entre os povos antigos. O papiro e o amate (tipo de papel que era fabricado na Mesoamérica pré-colombiana), utilizados na época, possuíam fibra e celulose juntos (TEIXEIRA et al., 2017).

O surgimento do papel se deu por volta de 105 d.C., criado pelo chinês Ts'aiLun. O processo artesanal iniciava pelo cozimento das fibras vegetais não lenhosas, seguido do peneiramento e secagem da pasta, resultando, por fim, no papel (CAMPANATTO, 2004). Tempos depois, em 751 d.C., o exército Árabe invadiu a cidade Samarkanda, antes dominada por chineses. Como consequência, os chineses presos foram para Bagdá, sendo obrigados a produzir papel em grandes quantidades. Somente por volta do século XI a técnica foi estendida para Espanha, e posteriormente para o Ocidente (HOFMANN-GATTI, 2007).

Apenas no período da revolução industrial a produção aumentou devido a oferta e demanda, principalmente para suprimir a comunicação impressa. No século XVIII, a fabricação de papel já utilizava como matéria-prima a madeira. O século XIX foi marcado pela fabricação do papel branco. No Brasil, a produção só veio vigorar em 1808, com a criação da Casa da Moeda e do Banco do Brasil. Frei José Mauricio da Conceição foi convidado para realizar a abertura da primeira fábrica de papel do país. No século XIX, a demanda por papel foi continuada e plenamente satisfeita. No século XX, o eucalipto foi usado como matéria-prima e nos anos de 1957 e 1958 houve a produção acentuada de celulose de eucalipto no Brasil (CAMPANATTO, 2004). Atualmente, em pleno século XXI, a gama de tipos de papel existente é enorme e o consumo desse produto, nos mais variados mercados, só cresce.

2.2 Matérias-Primas

O papel é um produto obtido a partir da transformação da polpa de árvores, sendo composto, portanto, por elementos fibrosos de origem vegetal, dispostos na forma de folhas secas ou rolos. É formado e finalizado com uma suspensão de fibras vegetais, que é desintegrada, refinada e depurada, havendo ou não adição de outros ingredientes. A matéria-prima base para fabricação do papel é a celulose extraída de materiais denominados lignocelulósicos (CAMPOS, 2018).

Tais materiais, essencialmente fibrosos, são encontrados em biomassas vegetais, como florestas, produtos agrícolas e algumas gramíneas (CASTRO, 2009). Em sua composição, formando a parede celular, há basicamente celulose, hemicelulose e lignina (que forma uma cobertura de resina plástica). Como componentes adicionais, que não pertencem à parede, há substâncias não extrativas, solúveis em água (compostos inorgânicos e pectinas) e substâncias extrativas, solúveis em solventes orgânicos (terpenos e seus derivados, graxas, ceras e seus componentes, fenóis, etc.) (ABDI, 2012; KLOCK; ANDRADE; HERNANDEZ, 2013; MACDONALD; FRANKLIN, 1969; NIKITIN, 1966).

Com fórmula química $C_6H_{10}O_5$, a celulose é o componente mais abundante da parede celular. É um polímero orgânico, insolúvel em água, constituído de monômeros de glicose ligados entre si (LENGOWSKI et al, 2013). É muito estudada pela comunidade científica em função de suas propriedades atrativas para inúmeras aplicações industriais, incluindo a fabricação de papel.

Para utilização de biomassa vegetal como fonte de celulose, esta deve ser fibrosa, acessível e de plena exploração econômica, de baixo custo, de renovação elevada, ser disponível em grandes quantidades durante todo o ano e, como requisito final, ter resistência para o consumo (KLOCK; ANDRADE; HERNANDEZ, 2013). As fibras devem apresentar também capacidade de absorção de água e flexibilidade, além de capacidade de união eletrostática, para formação de rede resistente.

Inúmeras fibras vegetais podem ser utilizadas para fabricar papel, todavia, poucas são consideradas comercialmente exploráveis. A fonte de fibra celulósica mais importante é de longe a madeira (a maioria absoluta das indústrias a usam), correspondendo a 94% de participação na produção mundial de papel. Há duas classes gerais de árvores provedoras de madeira para extração de celulose: (i) coníferas, de folhas persistentes, madeira mole e fibras longas (possuem de 41% a

44% de celulose); e (ii) folhosas, de folhas decíduas, madeira dura e fibras curtas (40% a 44% de celulose). Na categoria de outros tipos de fonte figuram o algodão (94%-96% de celulose), bagaço de cana (50% de celulose), bambu (45% de celulose), cânhamo (65% de celulose), milho (43% de celulose), juta (58% de celulose), palha de trilha/arroz (42% de celulose) e rami (86% de celulose) (PEPE, 2011).

Nisgoski (2005) relata que as duas principais fontes de madeira utilizadas no Brasil são as plantações de pinheiros (gênero *Pinus*) e de eucalipto, com 98% do volume produzido. No que se refere aos pinheiros, as florestas para celulose são compostas por *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* e *Pinus caribaea*. No caso do eucalipto, predominam as espécies *Eucalyptus saligna*, *E. Urophylla* e *E. grandis*, bem como o híbrido *Eucalyptus urograndis*. Outras fontes são as espécies *Araucaria Angustifolia* (Araucariaceae), *Gmelina Arborea* (Verbenaceae) e *Acacia Mearnsii* (Mimosaceae).

As fibras não madeira respondem por apenas 6% do total das fibras utilizadas na produção de papel. O uso desses materiais é bastante limitado devido suas colheitas sazonais. No entanto, essas fibras não madeira (que incluem bagaço de cana-de-açúcar, bambu, cachos de dendê e babaçu) são essenciais para países em desenvolvimento e industrializados, motivando a movimentação do comércio (NISGOSKI, 2005). No Quadro 1 são listadas alguns tipos de fibras.

Quadro 1 - Fibras para indústrias de celulose e papel.

| | |
|------------------|---|
| Fibras de frutos | <ul style="list-style-type: none"> • Pelos de sementes: algodão; • Pericarpo: coco. |
| Fibras de folhas | <ul style="list-style-type: none"> • Sisal; • Fórmio; • Abacaxi; • Carnaúba. |
| Fibras de caule | <ul style="list-style-type: none"> • Feixes vasculares de monocotiledôneas: palhas de cereais, bagaço de cana-de-açúcar, bambus, etc.; • Fibras liberianas (floema); • Plantas lenhosas: casca interna de coníferas e folhosas; • Plantas herbáceas e arbustivas (dicotiledôneas): linho, crotalária, juta, rami, kenaf, etc. • Fibras de madeira: coníferas e folhosas. |

Fontes: MDIC, 2012; KLOCK; ANDRADE; HERNANDEZ, 2013.

Fora a celulose, extraída predominantemente da madeira, papéis reciclados e pastas mecânicas também podem ser utilizados como fontes de fibras na produção de papel. Além disso, o processo requer o uso de vários produtos químicos (tais como sulfato de sódio, hidróxido de sódio, clorato de sódio, cloro e peróxido de hidrogênio), bem como energia e quantidades substanciais de água. Dependendo do tipo de papel a ser produzido, será necessária, ainda, a inserção de diversos outros aditivos, dos quais pode-se citar o caulim (minério composto de silicatos hidratados de alumínio), bem como tintas, carbonato de cálcio, látex, amidos, alvejantes e cola (MOURA, 2015).

2.3 Processo de Produção de Celulose e Papel

O primeiro passo para obtenção industrial de papel é a separação da celulose, da hemicelulose e lignina que constituem a madeira. Para tal, podem ser usados processos mecânicos, físicos, biotecnológicos e químicos. Os processos mecânicos usam equipamentos como moinho de bolas, moinho de rolos e extrusora para triturar a madeira, separando apenas a hemicelulose. O resultado é uma polpa de menor qualidade, de fibras curtas e amareladas. Os processos físicos incluem irradiação de raios gama, tratamento a vapor e explosão com vapor. Os processos biotecnológicos ainda estão em fase de desenvolvimento experimental, envolvendo a utilização de microorganismos (fungos e bactérias) capazes de promover uma deslignificação parcial dos materiais lignocelulósicos (CAMPOS, 2018).

Em contrapartida, os processos químicos são bastante consolidados e, por essa razão, são utilizados na produção industrial. Basicamente são processos que fazem uso de produtos químicos para “cozinhar” o material lignocelulósico sob pressão. Dependendo da substância química na qual se baseiam, recebem a denominação de: processo à soda, sulfato ou Kraft, sulfito, domílio ou organosolv. No Brasil, o processo Kraft (sulfato) é utilizado em cerca de 80% dos processamentos de madeira para extração de celulose (pasta, polpa ou celulose industrial) e inclui etapas de descascamento, picagem, classificação, cozimento, depuração, branqueamento e recuperação do licor (CASTRO, 2009).

O processo Kraft para produção de celulose tem início, assim, com a etapa de descascamento que tem por objetivo facilitar a lavagem e peneiração, reduzindo a quantidade de reagentes requeridos no processamento da madeira. Em seguida, a picagem reduz as toras em fragmentos chamados cavacos, que são posteriormente

classificados nas dimensões padrões para o processamento. Para a etapa de cozimento, ou digestão, aos cavacos são adicionados o licor branco (mistura de hidróxido de sódio, sulfeto de sódio e outros tipos de sais de sódio em pequenas quantidades) e o licor negro (mistura oriunda do cozimento anterior, contendo constituintes de madeiras dissolvidos, bem como reagentes não consumidos) (KLOCK; ANDRADE; HERNANDEZ, 2013).

A massa crua é, então, cozida em vasos de pressão, em condições controladas de tempo, temperatura e pressão. No cozimento, as fibras são segregadas da lignina e resinas, resultando em uma massa cozida constituída basicamente de celulose marrom (não branqueada) e do chamado licor negro (gerado pela reação da lignina com os agentes químicos). Essa massa cozida resultante é encaminhada para o sistema de depuração, o qual separa os materiais estranhos às fibras, usando processo mecânico (KLOCK; ANDRADE; HERNANDEZ, 2013).

Depois da lavagem da massa cozida, o que sobra é a celulose marrom que passa, em seguida, por uma etapa de purificação, denominada de branqueamento (utilizando agentes como cloro, hipoclorito de sódio ou cálcio e oxigênio), ou então é utilizada para fabricação de papel Kraft. O filtrado obtido da lavagem da massa cozida é o licor negro, que é levado para o sistema de recuperação, sendo posteriormente queimado para produção de vapor e energia elétrica. Com o aquecimento da matéria química, há liberação de calor, que provoca a fusão dos reagentes químicos, os quais são em seguida recuperados (KLOCK; ANDRADE; HERNANDEZ, 2013).

Obtida a celulose, a fabricação do papel, em si, se dá em indústrias integradas (fabricantes de papel e celulose de fibras longas e fabricantes de papelão e celulose de fibras curtas) ou em indústrias exclusivamente produtoras de papel. A produção envolve: (i) máquinas de papel (nas quais ocorre a recomposição da celulose por meio de sua diluição em água e inserção de aditivos a fim de estabelecer as características desejadas do papel; (ii) rebobinamento para estocagem e aplicação nas máquinas específicas; (iii) dispositivos para confecção de diferentes produtos finais, a depender das características desejadas (gramatura, brilho, etc.) (MOURA, 2015). Entre as diversas normas da ISO, algumas são específicas para indústria de papel e celulose, como aquelas relativas ao formato e tamanho de papéis e envelopes.

Segundo Campos (2010), os tipos de papeis produzidos são diversificados conforme suas funções e aplicações, como impressão, escrita e embalagem, dentre outros. São, assim, designados de forma essenciais, sendo dos mais variados feitos.

Entre os produtos especificados têm-se: papel imprensa, não revestidos e revestidos, papéis para escrita e reprodução (xerográfico), papel ofsete, papel bíblia, papel monolúcido, papel couchê, papel LWC (*Light Weight Coated Paper*), papel MWC (*Medium Weight Coated Paper*), papel apergaminhado, papel de segundas vias (*florpost*), papel para fins sanitários, papel de parede, papel absorvente, papelão, papel corrugado, cartolina, papel desenho e embalagens, entre outros produtos.

2.4 Mercado e Incentivos Fiscais

O mercado mundial da indústria de papel e celulose tem alcançado bons índices nos últimos anos (cresce proporcionalmente ao PIB mundial e ao nível educacional). O setor é de grande representatividade não apenas para a economia mundial como também para conjuntura nacional. O Brasil consta no *ranking* dos 10 maiores produtores mundiais, tanto de papel como de celulose. Estados Unidos, China, Canadá, Japão, Suécia e Finlândia também figuram em ambos (Silva et al., 2015; BRACELPA, 2011).

De acordo com o Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos – DEPEC (2018) do Banco Bradesco, a produção de papel no Brasil tem mostrado variações positivas discretas, refletindo a mudança do padrão de consumo para veículos digitais. Já a produção de celulose segue em plena expansão, registrando recordes consecutivos nos últimos anos. Tal resultado é derivado da demanda externa aquecida, principalmente na China e na Europa. No Brasil, os grandes produtores de celulose são os estados de Mato Grosso do Sul, Espírito Santo e São Paulo. Na produção de papel destacam-se São Paulo, Santa Catarina e Paraná. No Ceará não há produção de celulose, porém, algumas empresas do setor de papel estão entre as 100 maiores do estado.

Políticas públicas que estabeleçam incentivos fiscais e financeiros para o setor são de extrema importância para que o mesmo continue fortalecido. O Decreto Nº 4.213/2002 define os setores da economia prioritários para o desenvolvimento regional, nas áreas de atuação da extinta Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), para fins de benefícios de redução do imposto de renda, inclusive de reinvestimento.

Os empreendimentos no setor de papel e celulose são considerados prioritários desde que integrados a projetos de reflorestamento, de pastas de papel e papelão. Com incentivos fiscais do governo, em parceria com a prefeitura, o município

de Três Lagoas - MS tem hoje a maior fábrica de celulose do mundo, a Eldorado Brasil, empresa que exporta para os quatro continentes. Em se tratando de investimentos, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES é um dos parceiros mais tradicionais da indústria brasileira de papel e celulose.

3 METODOLOGIA

A natureza da pesquisa realizada no presente trabalho é essencialmente qualitativa. A problemática estudada se concentrou nos impactos ambientais provocados pelas indústrias de papel e celulose. Foi de interesse também, fazer um breve apanhado de como as exposições ocupacionais nesse setor influenciam a saúde do trabalhador. No que diz respeito aos fins, o procedimento adotado se enquadra no critério metodológico de pesquisa exploratória, proporcionando aos pesquisadores, profissionais e interessados pela área (público-alvo atuante como empresários, engenheiros, analistas ambientais e outros) informações sumarizadas sobre o tema. Quanto aos meios, tal pesquisa se classifica como bibliográfica e descritiva. As fontes consultadas incluíram livros, teses, dissertações, artigos e periódicos, revistas digitais, documentos oficiais de diversos órgãos públicos e privados, bem como vídeos elucidativos. Foram usados descritores tanto da língua portuguesa como inglesa, não delimitando o período cronológico das publicações. As principais palavras-chaves utilizadas foram indústrias de papel e celulose, impactos ambientais, gestão e legislação ambientais. O estudo foi efetuado considerando a seguinte sequência:

- I. Leitura exploratória, breve e ágil de todo material de interesse;
- II. Leitura seletiva de artigos e periódicos, selecionados conforme tópico específico a tratar.

Para ajudar a descobrir e compartilhar material bibliográfico técnico e científico, bem como organizar as referências utilizadas com base nos padrões estabelecidos pela ABNT, foi utilizado o *software* Mendeley® 2013. A Elsevier, maior editora científica do mundo, disponibiliza gratuitamente o Mendeley em suas plataformas digitais, colocando-o em um patamar de rede social acadêmica, que ajuda cientistas de todas as partes do mundo a sistematizar sua pesquisa e colaborar com outras pessoas *on-line*, ficando sempre a par dos últimos avanços da ciência e tecnologia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Legislação do Setor e Impactos Ambientais

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em sua Resolução Nº 1/1986, define impacto ambiental como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais”.

Já a Norma Brasileira, ABNT NBR ISO 14001 (2008), define aspecto ambiental como “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização, que interage ou pode interagir com o meio ambiente”; e impacto ambiental como “modificação no meio ambiente, tanto adversa como benéfica, total ou parcialmente resultante dos aspectos ambientais de uma organização”.

Os impactos ambientais podem ser, portanto, positivos ou negativos, refletindo, em parte, nos serviços e produtos da empresa. Neste trabalho, procurou-se levantar os impactos ambientais negativos relacionados à indústria de papel e celulose, ou seja, aqueles que representam uma quebra no equilíbrio ecológico, com potencial de provocar graves prejuízos ao meio ambiente.

Para ser consolidado, o impacto necessita ter embasamento científico e técnico, ser detalhado e preciso, ter consistência e ser relevante. Categoricamente, o impacto transita em vários parâmetros, como recursos abióticos, bióticos, camada de ozônio, oxidantes fotoquímicos, dentre outros. Justifica-se, assim, a existência de diferentes formas avaliativas. Todas, porém, com o mesmo propósito.

De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, Lei Nº 6.938/1981, o CONAMA pode, quando julgar necessário, determinar a realização de estudos das alternativas e das possíveis conseqüências ambientais de projetos públicos ou privados, requisitando aos órgãos federais, estaduais e municipais, bem como as entidades privadas, as informações indispensáveis para apreciação de estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto ao meio ambiente (RIMA), no caso de obras ou atividades de significativa degradação ambiental.

O EIA exerce a função de ferramenta técnica-científica, multidisciplinar, que tem competência para definir, avaliar, acompanhar, atenuar e reparar possíveis causas e efeitos, de dada atividade, sobre determinado ambiente, resumizando os resultados e análises no RIMA. Vale ressaltar que, por ser o meio ambiente um sistema de elevada complexidade, as medições de impactos ambientais feitas pelos profissionais habilitados não são precisas. Não obstante, o EIA e o RIMA oferecem boas estimativas.

Segundo Félix (2016), os impactos são avaliados conforme ações de projetos, programas, planos e políticas, permitindo uma análise sistemática e íntegra, sendo posteriormente apresentada a todos os responsáveis para uma tomada de decisões, baseadas nas análises de riscos. O autor acrescenta ainda que, nesse contexto, o RIMA deve ser o mais objetivo possível, contar com diferentes recursos de comunicação visual (como mapas e gráficos), contar com objetivos, justificativa e descrição bem delimitados, apresentar diagnósticos ambientais, programas de monitoramento e alternativas tecnológicas, descrevendo métodos, expectativas, técnicas e critérios utilizados. No estudo é necessário observar alternativas de localização, delimitar a área geográfica que sofrerá o impacto ambiental, além de considerar planos e programas do governo. Essa análise deve ser multidisciplinar, para se ter uma visão holística e ter potencial de sanar a maioria dos problemas.

A PNMA, Lei Nº 6.938/1981, define que as empresas que forem flagradas praticando ações que desrespeitam os requisitos de preservação da qualidade ambiental exigidos estarão sujeitas à severas punições. Corrobora com essa temática, a Lei de Crimes Ambientais (Lei Nº 9.605/1998), que se refere às infrações cometidas pelos empreendimentos e punições aplicáveis. O poluidor é, entre outras coisas, obrigado a recuperar e/ou indenizar prejuízos causados. A empresa pode ser, inclusive, liquidada caso tenha sido usada para facilitar ou ocultar um crime ambiental.

No âmbito federal, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA é responsável pelo cumprimento das normas legais estabelecidas pelo Governo para o meio ambiente. O Ministério Público – MP e a Polícia Ambiental – PA também são órgãos autuantes. No âmbito estadual, cada unidade administrativa tem sua legislação específica, estabelecida por órgãos próprios. No Ceará, a responsabilidade de fiscalização e autuação é da Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. Para estar de acordo com

o rigor da legislação ambiental, e conferir a empresa o *status* de sustentável, é fundamental o planejamento e a execução criteriosa das atividades.

Os processos envolvidos na fabricação de celulose e papel são considerados bastante agressivos ao meio ambiente. Os riscos ambientais começam nas etapas agrícolas, necessárias para se ter a madeira, e se estendem até as etapas de transformação em si (processamento químico). Reconhecendo os perigos que oferece, o setor ultimamente vem buscando ter cuidados extremos, como manter diálogos com variados públicos, buscando conscientização e equilíbrio (Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA, 2010).

Considerando as atividades iniciais da cadeia produtiva, a obtenção da madeira, da qual se extrai a celulose, requer extensas áreas de florestas homogêneas, o que infelizmente acaba por determinar, por vezes, à eliminação de amplas áreas de floresta nativa e pode levar ao desmatamento. Os problemas ambientais inerentes são muitos: (i) consumo acentuado de água (a monocultura do eucalipto, p. ex., consome tanta água que pode afetar significativamente a oferta local de recursos hídricos); (ii) chance de compactação do solo; (iii) maior ocorrência de erosões e assoreamento de rio; (iv) supressão de nutrientes do solo; (v) contaminação do lençol freático e do solo; e (vi) perda da biodiversidade (Banco do Nordeste do Brasil – BNB, 1999).

Ao desmatamento também é atribuída a degradação da biodiversidade, assim como perda dos préstimos ecológicos oferecidos pela floresta (entre os quais se incluem a manutenção do clima e do ciclo hidrológico) e possibilidade de extinção de animais silvestres (SILVA et al., 1995). Na produção de mudas há o uso de insumos químicos e substratos, consumo de água e descarte de embalagens. No plantio, a preparação do terreno pode levar a erosão e contaminação do solo, há uso de água, pesticidas, formicidas e herbicidas, além de risco de fragmentação do ecossistema. Na colheita se verifica impacto sobre o solo (provocado pelo uso de maquinário pesado para extração da madeira) e perturbação da fauna.

No que tange as atividades industriais de processamento, os riscos ambientais associados a produção de celulose e papel tornam-se mais numerosos e se intensificam. De um modo geral, dizem respeito ao consumo demasiado de água e de uma grande quantidade de produtos químicos, bem como aos resíduos sólidos, efluentes líquidos e gases poluentes gerados. Na produção de celulose são originados resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões aéreas; já na produção do papel o maior volume é de vapor e de efluentes e resíduos líquidos (MIELI, 2007).

Cabe esclarecer que a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei Nº 12.305/2010, define resíduo sólido como “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.

Os efluentes líquidos ficam fora dessa denominação, pois se referem aos líquidos que podem ser tratados de forma que seu despejo em corpos d’água ou esgotos é possível sem que haja impacto ambiental relevante. No caso de gases, são considerados resíduos sólidos apenas aqueles que se encontram confinados em recipientes. Conforme estabelecido pela ABNT NBR 10004, os resíduos sólidos são agrupados de acordo com as classes descritas no Quadro 2, mostrado a seguir.

Quadro 2 - Classificação dos resíduos sólidos.

| | | |
|------------------------------|------------------------------|--|
| Classe I (Perigosos): | | Possuem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. |
| Classe II (Não Perigosos) | Classe IIA (Não Inertes): | Podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente, não se enquadrando nas classificações de resíduos da Classe I – Perigosos – ou Classe III – Inertes. |
| | Classe IIB (Inertes): | Não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, e que, quando amostrados de forma representativa, segundo a norma NBR 10.007, e submetidos a teste de solubilização segundo a norma NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. |

Fonte: ABNT NBR 10004.

4.1.1 Efluentes Líquidos

Como já mencionado a produção de celulose e papel consome grandes quantidades de água. O setor já figurou inclusive no topo da lista daqueles que mais demandavam essa utilidade no segmento industrial. Entretanto, com as tecnologias atuais e práticas operacionais modernas, o consumo já é consideravelmente menor. Tendo em vista os vários produtos químicos utilizados nos processos das indústrias desse setor, os principais componentes que podem estar presentes nas águas residuárias são (Banco do Nordeste do Brasil – BNB, 1999):

- (i) reagentes usados na obtenção da polpa celulósica;
- (ii) reagentes usados no branqueamento da celulose;
- (iii) água de evaporação, condensada ao longo da recuperação de substâncias químicas;
- (iv) substâncias químicas residuais e solúveis oriundas da lavagem realizada durante a reciclagem de papel usado; substâncias dissolvidas, advindas da fabricação de papel e de sua estocagem, bem como das águas residuárias de instalações secundárias.

Imensas variedades de substâncias são identificadas nos efluentes e resíduos líquidos do setor, entre as quais estão compostos químicos do licor de cozimento, sólidos suspensos, matéria orgânica dissolvida, compostos organoclorados, metais pesados, ácidos e resinas. A presença ou não dessas substâncias dependerá do tipo de produto acabado que está sendo obtido (variedades de celulose e papel). Os poluentes hídricos podem causar diversos impactos negativos aos corpos d'água, como aumento do consumo de oxigênio, turbidez acentuada, modificação do pH, adição de cor e toxicidade (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, 2008).

Um dos procedimentos mais críticos em termos de presença de produtos químicos é, sem dúvida, o branqueamento da celulose. Nas fábricas que utilizam cloro e seus derivados, como agente de branqueamento, são geradas grandes quantidades de compostos organoclorados recalcitrantes e altamente tóxicas. Em virtude dos apelos ambientais e das restrições da legislação, algumas fábricas reduziram ou

mesmo eliminaram o cloro elementar do processo, passando a utilizar ozônio ou peróxido de hidrogênio, como principal agente químico (MARINS, 2012).

Atualmente, existem três vertentes de braqueamentos: o *standard* – STD (com uso de cloro molecular), o *elementary chlorine free* – ECF (sem uso do cloro molecular) e o *totally chlorine free* – TCF (sem uso de compostos). Os despejos líquidos oriundos especificamente das etapas de produção de papel, propriamente ditas, contém fibras divididas, cola ou amido, material de enchimento (carga), tinta, corante, graxa, óleo e cloro residual (SANTOS, 2007; ALMEIDA, 2004).

Conforme aponta a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2008), em se tratando de efluentes líquidos da indústria de papel e celulose, tensoativos, resíduos de cloro, soda cáustica (NaOH) e metais pesados são as substâncias que mais frequentemente ocorrem em concentrações acima das permitidas na legislação. Os tensoativos podem ter efeito bactericida e ameaçar o equilíbrio da biota, pelo impedimento da reprodução de organismos aquáticos. Os compostos de cloro levam a formação de dioxinas (compostos organoclorados resultantes da associação de matéria orgânica e cloro) altamente prejudiciais aos organismos vivos.

Essas substâncias são de difícil remoção, permanecendo mesmo com o tratamento de efluentes na fábrica. Uma vez lançados em rios, esses efluentes assim poluídos contaminam a água, o solo, a vegetação e os animais. A soda cáustica provoca modificações no pH dos recursos hídricos, colocando em perigo o equilíbrio ecológico. Além disso, apresenta acentuados efeitos corrosivos e biocidas, quando presente em quantidades significativas, sem que haja neutralização (Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA, 2010).

Vale destacar que o CONAMA, em sua Resolução N° 430/2011, que dispõe sobre as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, estabelece que “o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nas normas aplicáveis”. É vedado, nos efluentes, o lançamento dos poluentes orgânicos persistentes - POPs, observada a legislação em vigor e nos processos nos quais possam ocorrer a formação de dioxinas e furanos deverá ser utilizada a tecnologia adequada para a sua redução, até a completa eliminação.

4.1.2 Emissões Atmosféricas

As emissões atmosféricas verificadas na indústria de papel e celulose são numerosas e potencialmente nocivas, tanto se considerando a questão dos produtos de combustão quanto a de emissões fugitivas. Os grupos de poluentes do ar observados nas fábricas incluem materiais particulados (MP), óxidos de enxofre (SOx), compostos de enxofre total reduzido (TRS), óxidos de nitrogênio (NOx), cloro (Cl₂) e dióxido de cloro (ClO₂), compostos orgânicos voláteis (VOCs), dioxinas e furanos (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, 2008).

No geral, esses poluentes apresentam elevada toxicidade, representando riscos para saúde; estão, por vezes, relacionados a riscos de incêndio; provocam odores desagradáveis; reduzem a visibilidade; diminuem a intensidade da luz; podem provocar aquecimento global, que leva ao efeito estufa; geram chuva ácida; e degradação de ecossistemas. Os processos de digestão, branqueamento, recuperação de produtos químicos, evaporação do licor negro, caldeiras de recuperação e biomassa, forno de cal e secagem da polpa são fontes significativas de emissões (MIELI, 2007)

4.1.3 Resíduos Sólidos

As indústrias de papel e celulose são também grandes geradoras de resíduos sólidos. No entanto, os resíduos gerados nesse setor são, em sua maioria, classificados como não perigosos (classes IIA e IIB), considerando os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente. De acordo com a literatura (CASTRO, 2009; OLIVEIRA, 2009; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, 2008; Banco do Nordeste do Brasil – BNB, 1999), os principais resíduos desse setor são:

- cascas e serragens, oriundas dos pátios de madeira e de picadores;
- rejeitos, gerados na digestão da madeira;
- lodo primário, proveniente da estação de tratamento de efluentes, rico em material orgânico, principalmente fibra celulósica;
- lama de cal, gerada nos filtros de lama de cal;
- grits, gerados na hidratação da cal da recuperação da lama de cal, contêm areia, pedregulho, calcário e outras impurezas que não reagiram, além de porções de CaO, Ca(OH), Na e CO;
- dregs, gerados na clarificação do licor verde, contêm Na₂CO₃ e Na₂S;

- cinzas (resíduo inorgânico, resultante da combustão de cavacos, cascas, etc.), oriundas do forno de cal e das caldeiras de biomassa, ricas em potássio;
- insumos fora de especificação ou com prazo de validade vencido;
- sobras de aditivos;
- material retido em sistema de controle de poluição atmosférica (filtros, ciclones e outros);
- resíduos resultantes da operação e manutenção de caldeiras (borras oleosas, cinzas, estopas sujas, embalagens de combustível, entre outros);
- embalagens;
- lixo seco e orgânico de setores administrativos e refeitórios;
- resíduos de serviços de saúde (ambulatório médico).

A destinação final de dos resíduos sólidos gerados na produção de celulose e papel dependerá do seu tipo. A prioridade é separar, tratar, reciclar, reutilizar e valorizar energeticamente os resíduos. A tendência é que a disposição em aterros se torne cada vez menos necessária (Associação da Indústria Papeleira – CELPA, 2014).

4.1.4 Ruídos

A indústria de papel e celulose pode constituir também fonte de poluição sonora. Algumas etapas de seus processos produtivos provocam potencialmente ruídos de alta intensidade, que podem tornar o meio ambiente de trabalho incômodo e causar grande desconforto na vizinhança próxima (CORTIVO, 2011). As emissões sonoras mais intensas são oriundas do corte da madeira, das máquinas de transporte, de trituração e de processamento, das bombas de vácuos, das saídas de vapor das caldeiras e dos motores em funcionamento (Banco do Nordeste do Brasil – BNB, 1999). Vale mencionar que a Organização Mundial da Saúde – OMS considera a poluição sonora um problema de saúde pública.

4.2 Saúde Ocupacional

Os operários das indústrias de papel e celulose estão submetidos a um ambiente de trabalho que inclui a presença de vários produtos químicos que podem provocar efeitos adversos à saúde humana. De acordo com Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2008), na lista de poluentes, presentes nas emissões brutas de fábricas desse setor, estão os compostos mencionados a seguir.

- monóxido de carbono (CO): asfixiante químico que pode provocar intoxicação e levar até a morte;
- sulfeto de carbonila (COS): gás inflamável, de forte odor e que causa paralisia respiratória por depressão do sistema nervoso central. Superexposição pode causar dor de cabeça, vertigem, confusão, náusea, vômito, diarreia, inconsciência e morte;
- cloro gasoso (Cl₂): está associado a anomalias cardíacas congênitas, defeitos congênitos, distúrbios reprodutivos, e o colapso do sistema imunológico. Irritar a pele, os olhos e o sistema respiratório;
- dióxido de cloro (ClO₂): é explosivo em concentrações maiores que 12% no ar, corrosivo e altamente tóxico por ingestão;
- clorofórmio (CHCl₃): afeta o sistema nervoso central, causando perda de memória, distúrbios auditivos e formigamento. Afeta também o sistema cardiovascular;
- dioxinas (compostos organoclorados resultantes da associação de matéria orgânica e cloro) e furanos (compostos orgânicos heterocíclicos e aromáticos): altamente cancerígenos, provocam várias doenças do sistema endócrino, reprodutivo, nervoso e imunológico;
- ácido clorídrico (HCl): pode causar tosse, rouquidão, inflamação e ulceração do trato respiratório ou dor no peito. Em contato com a pele, causa queimaduras graves, ulceração ou até mesmo cicatrizes. Outros efeitos agudos incluem vômitos, diarreia ou náusea;
- óxidos de nitrogênio (NO_x): causam ardências nos olhos, nariz e mucosas no geral e dependendo do tipo pode levar a hipoxia (falta de oxigênio nos tecidos orgânicos);
- material particulado (MP): causam e potencializam doenças respiratórias;
- fenóis: são tóxicos, provocando, se ingeridos, queimaduras intensas da boca e da garganta, dor abdominal acentuada, cianose, fraqueza muscular e coma. Se inalados, provocam dispneia, tosse, danos ao fígado, rins e sistema nervoso central;
- óxidos de enxofre (SO_x): são irritantes para as mucosas dos olhos e para os órgãos respiratórios, lesionam os tecidos dos pulmões e agravam doenças como a bronquite, a enfisema e o cancro do pulmão;

- compostos de enxofre reduzido (TRS): produzem odor desagradável, semelhante ao de ovo podre ou repolho. Causam dificuldades crônicas de respiração, irritação nos olhos, dores de cabeça e anemia;
- resinas acídicas: causam irritação dos olhos, da pele e do aparelho respiratório, podendo levar a intoxicação;
- acetaldeído (C₂H₄O): provoca taquicardia, sudorese, náusea e vômito;
- nitratos: podem se combinar com outros compostos, como as aminas, formando substâncias potencialmente cancerígenas, mutagênicas e teratogênicas;
- fungos (*aspergillus fumigatus* e *aspergillus versicolor*): podem provocar infecções graves e micoses superficiais recorrentes;
- bioaerossóis (endotoxinas): têm efeitos inflamatórias e irritativas, alterando a barreira hemato-pulmonar. Podem originar a síndrome tóxica do pó orgânico e a alveolite tóxica;
- outros VOCs (inclusive ácido dicloroacético, metil éster, 2,5 Diclorotiofano, estireno, benzeno, tolueno e xileno): muitos são tóxicos e cancerígenos, causam irritação nos olhos, nariz e garganta, náuseas e vertigens.

Os efeitos prejudiciais à saúde descritos para cada substância listada acima (ou grupo delas) estão em conformidade com os indicados pelo Programa Internacional de Segurança Química – IPCS e a Organização Mundial da Saúde – OMS (2008). Deve-se lembrar que os perigos ocupacionais nas indústrias de papel e celulose estão relacionados não só aos poluentes gerados, mas também aos produtos químicos utilizados. Diante disso, é necessário se preocupar em combater os riscos ocupacionais inerentes ao recebimento, transferência e manuseio dessas substâncias, não abrindo mão em hipótese nenhuma do uso de equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC).

Fassa (1995) relata que existem vários estudos sobre condições de trabalho e saúde no setor de papel e celulose, realizados principalmente em países do primeiro mundo, mas que a mesma abundância não se verifica na determinação das doenças comuns. Em seu trabalho, a autora aponta que há, no ambiente industrial, excesso de profissionais com problemas auditivos, respiratórios e que sofrem com acidentes possivelmente relacionados com as altas prevalências de ruído, poeira, mudanças bruscas de temperatura e exposição a substâncias químicas.

4.3 Controle e Tratamento dos Poluentes

Atualmente, as indústrias de papel e celulose vêm sendo obrigadas a cumprir absolutamente todos os requisitos da legislação ambiental, realizando mudanças adaptáveis aos seus processos de produção. Mieli (2007) mostra que para o tratamento de efluentes líquidos são necessários quatro etapas:

- I. Tratamento preliminar: consiste no resfriamento do efluente e remoção dos sólidos grosseiros.
- II. Tratamento primário: remoção de sólidos suspensos (basicamente fibras de celulose, aditivos e materiais oriundos do revestimento de papéis) através de decantação ou flotação.
- III. Tratamento secundária biológico: objetiva a redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Compreende lagoas de estabilização, lagoas aeradas, lodos ativados e filtros biológicos.
- IV. Tratamento terciário: processo também conhecido como polimento, efetua remoções adicionais de contaminantes de águas residuárias. Pode fazer uso de: remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) por filtração; eliminação de bactérias por cloração ou ozonização; absorção por carvão ativado; e absorção com pasta de cal.

No que se refere as emissões de poluentes atmosféricos, as medidas de proteção e redução compreendem: recuperação, recirculação, combustão, processos químicos alternativos, lavagem, filtragem e absorção de gases em sistemas auxiliares. No caso dos resíduos sólidos é necessário possuir mecanismos de separação dos resíduos por tipo, permitindo o tratamento e, quando possível, a reciclagem e a reutilização (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, 2008).

Além disso, sistemas de reaproveitamento energético e aterros controlados para deposição de resíduos também são requeridos. A poluição sonora pode ser combatida realizando apenas durante o dia as tarefas intermitentes que causam maior ruído (como é o caso do corte da madeira, do tráfego de veículos pesados e uso de máquinas transportadoras), destinar salas/espacos munidos de materiais de absorção acústica para instalação de equipamentos ruidosos e sempre usar dispositivos silenciadores para dar saída ao vapor das caldeiras (CORTIVO, 2011).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de papel e celulose tem uma posição de destaque na economia nacional atual, com perspectivas promissoras para o futuro, especialmente no que se trata da produção de celulose. Ao mesmo tempo que o mercado cresce, aumentam as preocupações ambientais, uma vez que seus processos produtivos têm grande potencial de agressão ao meio ambiente, provocando danos em várias esferas, entre as quais se incluem a poluição hídrica, atmosférica, do solo e sonora. Além disso, afeta a saúde ocupacional de seus operários.

Há, porém, de se reconhecer o esforço das empresas para se adequarem aos critérios da sustentabilidade ambiental, decorrente do processo de ecoeficiência. Investimentos têm sido feitos visando melhorar os sistemas de tratamento e controle dos poluentes, com eliminação do uso de reagentes muito agressivos e com a valorização energética, reciclagem e reutilização dos resíduos. Junto a isso, deve haver trabalho em equipe das indústrias e poder público, a fim de reduzir os índices de poluição ambiental, bem como, minimizar impactos aos moradores das vizinhanças, prezando pelo respeito no relacionamento empresarial e populacional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Subsídios para a elaboração de uma estratégia industrial brasileira para a economia de baixo carbono: caderno 2: nota técnica papel e celulose**. Brasília, 2012.

ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, M. A. **Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio**. Química Nova (online), v. 27, n. 5, p. 818-824. 2004.

ALMEIDA, W.; RODRIGUES, D.; SANTANA, H. S. **O posicionamento do Brasil nas negociações internacionais sobre temas de meio ambiente**. Revista do Direito Público, v. 9, n. 2, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. **Relatório de sustentabilidade**. São Paulo, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. **Relatório estatístico**. São Paulo, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR ISO 14001**, 2015.

ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA PAPELEIRA – CELPA. **Boletim Estatístico**. Indústria Papeleira Portuguesa, Lisboa, 2014.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL – BNB; **Manual de Impactos Ambientais – Orientações Básicas sobre Aspectos ambientais de Atividades Produtivas**. Fortaleza, 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **ISO 14001**, 2008.

_____. Ministério do Meio Ambiente e Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, **Lei Nº 6.938**. 1981.

_____. Ministério do Meio Ambiente e Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, **Lei Nº 9.605**. 1998.

_____. Ministério do Meio Ambiente e Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, **Lei Nº 12.305**. 2010.

_____. Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 430**. 2011.

CAMPANATTO, G. E.; **A história da indústria de celulose e papel no Brasil**. Tempo e Memória, São Paulo, 2004.

CAMPOS, D. S. **Papéis e fibras curtas**. Curso básico de fabricação de papel com ênfase nas propriedades dos papéis de fibra curta. 2010. Disponível em: http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2010_Papel_FibraCurta_Eucalipto.pdf. Acesso em: 04 mar, 2018.

CASTRO, H. F. Processos químicos industriais II - Apostila 4 - **Papel e celulose**. USP-Escola de Engenharia de Lorena, Lorena, 2009. Disponível em: <http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840556/434/apostila4papelecelulose.pdf>. Acesso em: 10 de abr de 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Papel e Celulose - Série P+L**. São Paulo, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, **Resolução Nº 1/1986**.

CORTIVO, F. R. D. **Mapeamento sonoro de indústria de celulose e papel**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS – DEPEC, Bradesco, 2018. Disponível em:

<https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_papel_e_celulose.pdf>. Acesso em: 10 abr, 2018.

FASSA, A. G. **O trabalho como determinante de morbidade comum em uma indústria de celulose e papel.** Dissertação (Mestrado em Epidemiologia). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1995.

FÉLIX, G. C. **A avaliação ambiental estratégica: As etapas de acompanhamento e atualização.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

FILHO, H. R. P. **A indústria e o desenvolvimento sustentável.** Revista Banas Qualidade (online) 2003. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/148>. Acesso em: 10 de abr, 2018.

GOIS LEAL, G. C. S.; FARIAS, M. S. S.; ARAÚJO, A. F. **O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano.** Qualit@s Revista Eletrônica, v. 7.n.1., 2008.

HOFMANN-GATTI, T. **A história do papel artesanal no Brasil.** Editora ABTCP, São Paulo, 2007.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S.; HERNANDEZ, J.A. **Polpa e papel.** Manual didático Polpa e papel, 3. 2013.

LENGOWSKI, E. C. et al. **Avaliação de métodos de obtenção de celulose com diferentes graus de cristalinidade.** Scientia Forestalis, v. 41, n. 98, p. 185 - 194, 2013.

MACDONALD, R. G.; FRANKLIN, J. N. **The Pulp of Wood.** MacGraw-Hill: New York, 1969.

MARINS, G. **Caracterização do licor negro de eucalipto para avaliação do potencial de incrustação em evaporadores.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

MIELI, J. C. A. **Sistema de avaliação ambiental na indústria de celulose e papel.** Tese (Doutorado em Ciências Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR - MDIC. **Caderno 2: Nota técnica papel e celulose.** 2012.

MOURA, J. N. C. V. **Melhoria Contínua num Processo de Produção de Papel - O caso da Renova, Fábrica de Papel do Almonda S.A.** Dissertação (Instituto Superior Técnico), Lisboa, 2015.

NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NIKITIN, N. I. **The Chemistry of Cellulose and Wood.** Jerusalen, Israel Program, 1966.

OLIVEIRA, V. F. S. **Valorização de resíduos da indústria da pasta e papel – Compostagem e aplicação do composto no solo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Universidade do Algarve, 2009.

PEPE, L. **Fontes de fibras para papel. O Nosso Papel.** Associação Brasileira. Técnica de Celulose e Papel – ABTCP, ano 7, edição n. 25, 2011.

PROENÇA, G.; **Descobrimo a História da Arte.** Editora Ática, São Paulo, 2005.

PROGRAMA INTERNACIONAL SOBRE SEGURANÇA QUÍMICA – IPCS.
ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. **Substâncias químicas perigosas à saúde e ao ambiente.** Cultura Acadêmica, São Paulo, 2008.

SANTOS, P. R. **Análise termodinâmica de um sistema de cogeração com gaseificação de licor negro.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SHREVE, R. N.; BRINK JR., J. A. **Indústrias de Processos Químicos.** Guanabara Dois: Rio de Janeiro, 1. 1980.

SILVA, C. A. F.; BUENO, J. M.; NEVES, M. R. **A indústria de celulose e papel no Brasil na primeira década do século XXI – Algumas considerações sobre o que poderá ainda acontecer.** Guia ABTCP de Fornecedores e Fabricantes de Celulose e Papel 2015/2016, São Paulo, 2015.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, C. A.; ALMEIDA, B.F.; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C.; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. **Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging.** Forest Ecology and Management, v. 71, n. 3, p. 267-274. 1995.

TEIXEIRA, M. B. D. et al. **O papel: Uma breve revisão histórica. Descrição da tecnologia industrial de produção e experimentos para obtenção de folhas artesanais.** Rev. Virtual Quim, v. 9, n. 3, p. 1364 -1380, 2017.