ANÁLISE TÉCNICO-JURÍDICA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS PRESENTES NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Dartisson de Castro Reis – dartisson@gmail.com
Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Wadaed Uturbey – wadaed@cpdee.ufmg.br
Selênio R. Silva – selenios@dee.ufmg.br
Eduardo N. Cardoso – nohme@cpdee.ufmg.br
Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Elétrica
Bruno M. Lopes – bruno.marciano@cemig.com.br
Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG-D

Resumo. *Este artigo aborda o tema da legislação ambiental brasileira relacionada com os possíveis impactos ambientais da fabricação dos painéis fotovoltaicos destinados à geração de energia elétrica. A análise é feita com o objetivo de demonstrar que, como qualquer outro processo de fabricação, impactos ambientais estão presentes ao longo da cadeia produtiva, e estes são abordados pela legislação brasileira de forma confusa e pouco objetiva, sem o estabelecimento de parâmetros e competências claros. Primeiramente, é apresentada a estrutura normativa do direito brasileiro, com sua organização e hierarquias. Posteriormente, são abordadas as etapas de fabricação das células fotovoltaicas de uma forma geral e exemplificativa e a montagem dos módulos, elencando possíveis impactos ambientais gerados pelas atividades de cada fase, demonstrando a possibilidade da existência dos mesmos.. É abordada também a correlação destes impactos com o complexo normativo, enfocando a questão do licenciamento ambiental. São apresentados os entes federativos responsáveis pela regulação e emissão das licenças e os possíveis problemas de competências entre estes. Os procedimentos e os possíveis gargalos para a obtenção das licenças dos empreendimentos também são evidenciados.*

Palavras-chave: *Painel fotovoltaico, Legislação Brasileira, Impactos Ambientais, Licenciamento Ambiental.*

1. INTRODUÇÃO

A energia fotovoltaica é atualmente vista internacionalmente como uma tecnologia bastante promissora. Grandes investimentos estão sendo feitos para o seu desenvolvimento em todo mundo. Países europeus já possuem quantidades consideráveis de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica instalados. Segundo a EPIA (2013), *"Em todo o mundo 31,1 GW de sistemas fotovoltaicos foram instalados em 2012, acima dos 30,4 GW em 2011; PV permanece, depois de hidrelétricas e energia eólica, a terceira mais importante fonte de energia renovável em termos de capacidade instalada a nível mundial"*.

No Brasil, observa-se, por um lado, o interesse do governo na incorporação da geração fotovoltaica às fontes de geração centralizada da matriz elétrica a brasileira. Concretamente, a fonte fotovoltaica esteve habilitada a participar no leilão A-3 realizado no dia 18 de novembro de 2013, com habilitação de mais 800MW. Embora nenhum desses foi vencedor do leilão, a participação dos empreendedores sinaliza claramente uma tendência. Além disso, a geração de pequeno porte distribuída tem também recebido atenção por parte do governo através da Resolução Normativa (RN) nº 482/12 da ANEEL. Nessa RN, estabelece-se o sistema de compensação de energia ou *net metering* como forma de regulamentar a inserção da geração fotovoltaica de porte menor a 1MW às redes de média e baixa tensão.

No contexto atual de preocupação pelo meio ambiente, para atender a crescente necessidade de se reduzir as emissões de gases de efeito estufa, a energia solar é considerada uma parte essencial do movimento global para uma energia limpa e renovável. No entanto, é necessário que esse desenvolvimento seja realizado de forma planejada, para assegurar a sustentabilidade. Deve-se atentar para a os riscos e potenciais de poluição de todo o processo de geração de energia fotovoltaico, partindo da fabricação das células fotovoltaicas.

Dessa maneira, para o desenvolvimento ocorrer no Brasil, a avaliação da geração de energia através de painéis fotovoltaicos deve ser feita considerando todos os danos potenciais presentes em todo o seu ciclo produtivo. Os impactos ambientais desde a mineração até a montagem dos módulos de painéis devem ser objetos de estudo, para assim poder criar uma estruturação e minimizar os prejuízos ao ambiente de forma geral. Apesar de ser classificada como extremamente limpa, deve ser analisada de uma forma mais ampla e profunda para se evitar grandes erros como os apresentados pela indústria eletrônica nos Estados Unidos, aonde os prejuízos na região do Vale do Silício foram enormes, conforme relata Mulvaney et al., (2009).

Os processos envolvidos na fabricação dos painéis fotovoltaicos mais utilizados atualmente estão baseados em materiais e processos utilizados na indústria de microeletrônica para a tecnologia dos semicondutores de silício. A Fig.1. ilustra o processo básico de fabricação, com as diferentes etapas da cadeia produtiva fotovoltaica.

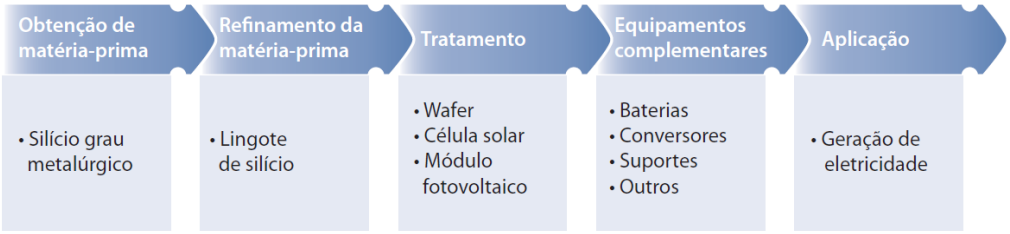

Figura 1- Cadeia Produtiva Fotovoltaica - Fonte: CGEE (2010)

Todo processo de produção apresenta impactos ao longo da sua cadeia de fabricação. Surge a necessidade de definir responsabilidades, mecanismos de mitigação e a utilização de algum método de controle, que é realizado pelo licenciamento ambiental.

Este trabalho descreve a normatização brasileira relacionada ao licenciamento ambiental e apresenta uma descrição geral dos impactos ambientais da cadeia produtiva fotovoltaica. O trabalho contribui com uma análise crítica dos obstáculos e conflitos enfrentados perante as normas e apresenta os procedimentos exigidos. Procura-se esclarecer qual órgão, pertencente a qual esfera federativa, será o responsável por organizar todo procedimento ambiental.

Mas, para realizar essa identificação se faz necessário ter em mente a legislação do país, sua estrutura e hierarquia, para conseguir definir quais parâmetros seguir. Somente com estruturação do conjunto normativo definido é possível determinar competências e responsáveis por cada uma das atividades e os parâmetros a serem atendidos no que tange ao impacto ambiental.

Neste cenário, surge a necessidade de um licenciamento ambiental estruturado e organizado, sendo importante definir os objetivos de se realizar esse procedimento. O licenciamento busca evitar ou minimizar qualquer dano que uma atividade possa causar ao meio ambiente. Dessa maneira, todas as atividades de um processo produtivo devem ser consideradas, mesmo aquelas que não apresentam nenhum impacto direto, tais como o manuseio de materiais que normalmente não são emitidos ao meio ambiente. O processo de licenciamento se inicia com a própria definição pela lei do responsável por organizar e fiscalizar o procedimento de implantação e funcionamento das etapas de manufatura e dos painéis fotovoltaicos. Após essa definição, os procedimentos são estabelecidos e os parâmetros postos para aceitação da implantação ou funcionamento.

2. NORMATIZAÇÃO BRASILEIRA

2.1 Estruturação do direito brasileiro e o direito ambiental

O Direito pode ser definido como sendo o conjunto de regras obrigatórias que garantem a convivência social graças ao estabelecimento de limites à ação de cada um dos seus membros. É um fato ou fenômeno social, uma vez que há relações intersubjetivas. Não é concebível admitir que exista sociedade sem um mínimo de ordem, de direção, de solidariedade e garantia jurídica. “O Direito se caracteriza por sua estrutura tridimensional na qual fatos e valores dialetizam, ou seja, obedecem a um processo dinâmico”(Diniz, 2008).

No Brasil, a organização legal da sociedade se dá por três vieses: o Direito Público, o Privado e o difuso.

O Direito Público envolve a organização do Estado, em que são estabelecidas normas de ordem pública, que não podem ser mudadas pela vontade das partes. Envolvem tanto o conjunto de normas jurídicas que regulam a relação entre o particular e o Estado, como o conjunto de todas as normas jurídicas que regulamentam as atividades, as funções e organizações de poderes do Estado e seus servidores. Há o predomínio do interesse público.

O Direito Privado diz respeito ao interesse dos particulares, às normas contratuais que são estabelecidas pelos particulares, decorrentes da manifestação de vontade dos interessados. Predomínio do interesse particular.

Já o Direito Difuso abarca todos aqueles direitos em que não é possível identificar o autor, compreendendo os direitos indivisíveis. São os direitos transindividuais em que os titulares são pessoas ligadas por circunstâncias de fato, mas sem ser determinados. A satisfação de um indivíduo implica na satisfação de todos.

O Direito Ambiental pode ser enquadrado como Direito Difuso, uma vez que trata de uma matéria interdisciplinar que trabalha as normas jurídicas dos vários ramos do direito, atendendo ao interesse de todos os cidadãos e não a uma ou outra pessoa ou conjunto de pessoas determinadas. A idéia do direito ambiental brasileiro é que ele está intimamente ligado com o desenvolvimento econômico e com o desenvolvimento social e não apenas em matéria de preservação ambiental propriamente dita.

2.2 Hierarquização das normas ambientais

Todo e qualquer ramo do direito possui uma hierarquização normativa, onde uma norma inferior não pode contrariar uma norma superior sob pena de ser inválida e inexequível. No Direto Ambiental o mesmo ocorre seguindo a

seguinte hierarquia: 1)Constituição; 2) Leis complementares; 3) Leis Ordinárias; 4) Medidas Provisórias; 5) Atos Normativos (Regulamentos, Decretos, Portarias, Resoluções e Deliberações).

A Constituição Federal é a mais importante das normas e estaria situada no vértice de todo o sistema legal, servindo como fundamento de validade das demais disposições legais, as quais devem respeitar o conteúdo constitucional. "Nela estão esculpidos todos os princípios básicos da nação" (Diniz, 2008). Sob a perspectiva ambiental, é o Art. 225 da Constituição Federal que define as regras e diretrizes fundamentais que direcionam a aplicação e criação de todo o conjunto da legislação ambiental brasileira.

As Leis Complementares possuem um caráter de complementaridade à Constituição. É prevista na própria constituição as possibilidades de seu uso e tem finalidade de esclarecer, detalhar e garantir aplicabilidade prática da Constituição.

As Leis Ordinárias podem tratar de qualquer assunto que não exija Lei Complementar. Grande parte do Direito Ambiental manifesta-se por Leis Ordinárias (federais, estaduais e municipais), e uma delas é a importante Lei Ordinária Federal n° 6.938/81 que institui a Política Nacional do Meio Ambiente.

Medidas Provisórias são de competência do Presidente da República e tem caráter excepcional de urgência e relevância a serem atendidos para sua edição (Art. 62 da CF). Têm força de lei e possuem a mesma posição e importância hierárquica das Leis Ordinárias.

Os atos normativos, apesar de não ocuparem uma posição de destaque na hierarquia normativa, possuem força de lei e devem estar condizentes com toda a estrutura normativa. Eles produzem efeitos legais na forma de Decretos, Resoluções, Portarias e Instruções, muito utilizados para regulamentar questões ambientais. As principais formas de expressão quanto ao conteúdo ambiental, são os Decretos. Um exemplo que podemos citar é o Decreto Lei Federal n° 9.605/98 que regulamenta a Lei de Crimes Ambientais.

No âmbito do Direito Ambiental antes mesmo do advento da Constituição de 1988, normas legais estabelecendo restrições administrativas ao direito de propriedade foram implementadas, visando exatamente resguardar o interesse maior da coletividade o direito difuso da população de conviver num ambiente ecologicamente equilibrado. Pode-se citar a Lei Federal n° 4.771/65, conhecida como Novo Código Florestal. Diversas outras normas vieram atualizando o tema, como a Lei n° 7.803/89 e a Medida Provisória nº 2.166-67/01. A mais recente é a Lei n° 12.651/12, que revogou a Lei n° 4.771/65 e criou o Novo Código Florestal, regulamentando a proteção da vegetação nativa.

Outra lei promulgada antes da constituição e que apresenta uma importância muito grande para a organização tema ambiental é a Lei n° 6.938/81. Ela dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, o que propiciou à questão ambiental um tratamento legislativo mais específico. A referida lei consagrou a responsabilidade objetiva para apuração dos danos ambientais. Ela define a estrutura político-administrativa para as atividades de gestão ambiental, descrevendo sobre o Sistema Nacional de Meio Ambiental (SISNAMA). Este Sistema congrega órgãos públicos das esferas federal, estadual e municipal, incluindo o Distrito Federal. A estruturação dos responsáveis pelo Sistema Nacional de Meio Ambiente se dá da seguinte forma: Órgão Superior; Órgão Consultivo e Deliberativo; Órgão Central; Órgão Executor; Órgãos Seccionais; Órgãos Locais; Em 1988, com a Constituição Federal (CF), o tema ambiental foi trazido de forma mais centralizada e geral. O Legislador Pátrio alçou a questão ambiental ao patamar constitucional, consignando no bojo da Carta Magna. A CF/88 recepcionou a Lei n° 6.938/81 e trouxe as obrigação de todos os entes da federação e cidadãos, como no artigo 225, *caput*, da CF/88:

> *Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.*

A Constituição Federal ainda traz um capítulo próprio para as questões ambientais. Ao longo de todo o seu corpo legislativo traz também artigos espalhados dispondo dos deveres do Poder Público e da sociedade para com o meio ambiente. Menciona também a repartição das competências entre União, Estados e Municípios de forma a propiciar maior eficiência à defesa do meio ambiente. Podem-se citar os artigos:

> *Art. 23 - É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:*
> *(...)*
> *VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas;*
> *VII - preservar as florestas, fauna e a flora.*
> *Art. 24 - Compete a União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar corretamente sobre:*
> *(...)*
> *VI - florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição;*
> *Parágrafo 1° - no âmbito da legislação concorrente, a competência da União limitar-se-á a estabelecer normas gerais.*

Além dessas normas, diversas outras foram promulgadas, completando a Constituição Federal, responsabilizado civil e penalmente por danos ou crimes contra o "bem ambiental". Podemos referenciar as seguintes:

- Lei n° 7.735/89 - dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências.
- Lei n° 9.605/98 - dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
- Lei n° 9.985/00 - regulamenta o Art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

2.3 Legislação e organização do Direito Ambiental no âmbito federal

No Brasil, a Constituição Federal, como lei maior, possui papel muito relevante no que tange ao Direito Ambiental. O Legislador Pátrio alçou a questão ambiental ao patamar constitucional, consignando no Art. 225, a garantia de um meio ambiente equilibrado para todos. Além disso, dedicou normas direcionais da problemática ambiental, fixando as diretrizes de preservação e proteção dos recursos naturais. Ao longo de outros artigos espalhados pelo texto constitucional, dispõe acerca dos deveres do Poder Público e da sociedade para com o meio ambiente, sem, contudo deixar de mencionar que restou efetuada a repartição das competências entre União, Estados e Municípios de forma a propiciar maior eficiência à defesa do meio ambiente.

Já a organização da estrutura governamental, direcionada às questões ambientais, foi abordada pela Política Nacional do Meio Ambiente citada anteriormente. Nela são definidos os órgãos e a estrutura administrativa para regular a proteção ambiental. A Lei n° 6.938/81, regulamentada pelo Decreto n° 99.274/90, institui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que, no âmbito federal, é constituído pelos seguintes órgãos e entidades:

> *"Órgão superior: Conselho de Governo - Integrado pelos Ministros de Estado, pelos titulares dos órgãos essenciais da Presidência da República e pelo Advogado Geral da União com a função de assessorar o Presidente da República na formulação da política nacional e nas diretrizes governamentais para o meio ambiente e os recursos ambientais;*
> *Órgão consultivo e deliberativo: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) - Conselho Nacional do Meio Ambiente - com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho do Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência sobre normas e padrões a nível nacional compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida;*
> *Órgão central: Ministério do Meio Ambiental (MMA) - Planeja, controla, coordena, supervisiona a implementação da política nacional e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente;*
> *Órgão executor: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - entidade autárquica de regime especial, com autonomia administrativa e financeira, dotada de personalidade jurídica de direito público (poder de polícia).*"

No âmbito Civil e material a Lei da Ação Civil Pública Lei n° 7.347/85 tutela os valores ambientais, disciplina as ações civis públicas de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, consumidor e patrimônio de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico.

Para tratar as questões penais de uma forma geral a Lei nº 9.605/98, aborda as questões de crimes e acidentes ambientais, definindo responsabilidades e punições em caso de desrespeito.

2.4 Legislação e organização ambiental no âmbito estadual

A competência para legislar sobre assuntos ambientais dos Estados se configura de uma forma complementar às normas federais. No Art. 24, § 2º da Constituição Federal fica claro isso. Dessa forma, a norma estadual deve vir para ampliar ou aperfeiçoar uma norma federal. Essa suplementação deve ocorrer somente quando houver a necessidade de aperfeiçoar ou quando for identificada uma lacuna ou imperfeição da norma geral federal. Não pode haver um descumprimento, deturpação ou desvio da norma principal ambiental federal. Além disso, os Estados deverão elaborar suas normas respeitando ao que for estabelecido pelo CONAMA.

Com relação à organização dos Estados, o artigo 23 da Constituição Federal, em concordância com o Art.18 - *"A organização político-administrativa da República Federativa do Brasil compreende a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, todos autônomos, nos termos desta Constituição"*, possibilita que haja uma autonomia. Não significa desunião dos entes federados. Essa autonomia se refere à possibilidade dos Estados terem sua organização administrativa ambiental diferente do governo federal. As normas gerais federais ambientais não podem ferir a autonomia dos Estados de definirem a sua estrutura administrativa ambiental.

Na estruturação do SISNAMA, os Estados se farão presentes através dos Órgãos Seccionais, órgãos ou entidades, estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental. Ex.: Conselho Estadual de Meio Ambiente (COSEMA) e Gerência Adjunta do Meio Ambiente (GAMA).

No estado de Minas Gerais, a estruturação e política Ambiental se dá através do Sistema Estadual do Meio Ambiente (SISEMA), caracterizado por um sistema de administração ambiental com a efetiva participação do governo e da sociedade civil, é composto por diversos órgãos, cada qual dotado de atribuições específicas, de modo a atender às exigências da política nacional do meio ambiente.

Na formação atual figuram como órgãos a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMAD) e os Conselhos Estaduais de Política Ambiental (COPAM) e de Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), além dos órgãos vinculados, Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), Instituto Estadual de Florestas (IEF) e Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

2.5 Legislação ambiental no âmbito municipal

Nos municípios, a competência para legislar se dá da mesma forma que nos Estados, ou seja, se configura de uma forma complementar às normas federais e estaduais, respeitando a hierarquia organizacional adotada no país. As normas municipais devem vir de forma a ampliar ou aperfeiçoar uma norma federal ou estadual. Só ocorrendo quando for realmente necessária. A competência dos Municípios para legislar, quando o Estado já editou uma norma geral e essa respeitou às normas federais, pressupõe uma obediência da norma municipal a essa federal. Situa-se no campo da hierarquia das normas e faz parte de um sistema chamado de "fidelidade". Os Estados ao implementarem a sua própria legislação ambiental, ou quando executam as normas gerais da União, não estão sujeitos ao poder revisional ou homologatório da União .

A organização político administrativa dos municípios apresenta uma semelhança com a do Estado, havendo uma autonomia do município, não sendo necessário seguir a mesma estrutura do Estado ou da União.

Na estrutura do SISNAMA os municípios participam através dos Órgãos Locais, que são órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização ambiental, nas suas respectivas jurisdições.

As atribuições e obrigações dos Municípios só a Constituição Federal pode estabelecer. Leis infraconstitucionais não podem repartir ou atribuir competências, a não ser que a própria Constituição Federal tenha previsto essa situação.

3. IMPACTOS AMBIENTAIS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO E MONTAGEM DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

A produção dos painéis fotovoltaicos se caracteriza pela semelhança à indústria eletrônica. Envolve diversos dos mesmos materiais utilizados para a produção de chips de silício, e dessa maneira apresentam muitos dos mesmos riscos.

As células fotovoltaicas são manufaturadas com base em diversos tipos de materiais e, dentre esses, os mais utilizados atualmente são apresentados a seguir, numa divisão de três grupos, conforme sua tecnologia e aplicação no mercado.

• Células Convencionais – Este grupo é composto pelas células denominadas por McEvoy et al.,(2003) como as cristalinas. São as células e dispositivos fotovoltaicos manufaturados com base no Silício Monocristalino (mc-Si) e/ou no Silício Policristalino (pc-Si);

• Filmes Finos – Neste grupo, segundo McEvoy et al.,(2003), estão reunidas as células e dispositivos fotovoltaicos manufaturados com base no Silício Amorfo (a-Si), no silício microcristalino, e/ou nos compostos Policristalinos, tais como o Arseneto de Gálio (GaAs), ou o Telureto de Cádmio (CdTe), e/ou o Dissulfeto de Cobre e Índio Cu(In,Ga)Se_2.

• Outras tecnologias – Células e dispositivos fotovoltaicos manufaturados a base da tecnologia *Ribbon*, que se compõem de longas e finas fitas com base no Silício Cristalino. Também a *Artificial Leaf*, que são dispositivos manufaturados com base no Dióxido de Titânio (TiO_2) e corantes fotoexcitáveis, e ainda da tecnologia *Spheral*, que tem como fundamento a utilização de pequenas esferas de Silício (Si), com camadas dopadas convenientemente e estas dispostas sobre finas folhas de alumínio.

A fabricação de dispositivos de silício semicondutor necessita de diversas fases, se inicia com a extração da sílica, passando pela produção de silício metalúrgico, purificação, processamento do dispositivo e, finalmente, o encapsulamento. O objetivo é apresentar de forma geral os possíveis impactos em todo processo produtivo, sem detalhar e aprofundar nas tecnologias e nas formas de produção. Busca-se demonstrar a existência de impactos negativos ao meio ambiente, explicitando a existência de materiais com risco potencial de gerar dano ambiental. Esse dano pode ser gerado ao ser emitido o material em questão, como parte do processo produtivo, ou, ainda, de forma indireta, quando o material é emitido acidentalmente.

3.1 Impactos ambientais da mineração para extração do Silício

O primeiro passo do processo de fabricação das placas fotovoltaicas é a mineração do silício. A lavra de quartzo no Brasil se dá em minas a céu aberto ou subterrâneas de pequena profundidade. Pode-se dizer que a tecnologia é rudimentar e a proporção extraída do material utilizável é extremamente pequena em relação ao quartzo existente no depósito. Assim, o processo se caracteriza por uma mineração padrão, como de qualquer outro mineral, com os perigos associados à extração e o consumo de combustíveis para o funcionamento das máquinas semelhante a qualquer outra.

Os principais problemas oriundos da mineração podem ser englobados em:

- Degradação da Paisagem - O principal e mais característico impacto causado pela atividade minerária é o que se refere à degradação visual da paisagem. Para que seja possível a retirada do silício, deve-se interferir na fauna e flora, uma vez que há a necessidade de retirada da cobertura vegetativa da região.
- Poluição da água - A poluição das águas provocada pela mineração é causada principalmente por lama e produtos químicos solúveis. Rejeitos da extração são levados pelas chuvas ou mesmo pela própria água utilizada na extração do mineral até rios, lagos, lagoas e etc.
- Ruídos e Vibração - O desmonte de material consolidado (maciços rochosos e terrosos muito compactados) pode ser feito através de técnicas manuais ou mesmo por equipamentos e explosivos, resultando em ruídos quase sempre prejudiciais à tranqüilidade pública e a fauna da região.

- Tráfego de Veículos - O tráfego intenso de veículos pesados, carregados de minério, causa uma série de transtornos à comunidade, especialmente àquelas próxima às áreas de mineração, como: poeira, emissão de ruídos, deterioração do sistema viário da região, além de afastar ou ocasionar acidentes com animais presentes no habitat.
- Poeira e Gases - Um dos maiores transtornos sofridos pelos habitantes, animais e vegetação próximos à mineração relaciona-se com a poeira. Esta pode ter origem tanto nos trabalhos de perfuração da rocha como nas etapas de beneficiamento e de transporte da produção.
- Rejeito e Estéril - A disposição final dos rejeitos constitui um problema muito sério, quando não tomadas todas as precauções necessárias. Durante a fase da lavra podem ocorrer os lançamentos destes nos sistemas de drenagem ou mesmo lavagem por chuva e conseqüente acumulo em rios e lagos. Além disso, quando esses depósitos ficam muito volumosos, tornam-se, por si mesmos, instáveis e sujeitos a escorregamentos localizados.

3.2 Impactos ambientais da metalurgia do Silício

O silício é produzido industrialmente por redução carbotérmica de dióxido de silício em fornos elétricos a arco submerso a temperaturas superiores a 1900°C. Quartzo, quartizitos ou areias silicosas, são reduzidos usando coque de petróleo, carvão mineral ou vegetal como agentes redutores. O óxido de silício é transformado em silício fundido. Três eletrodos de carbono pré-cozidos são submersos no material de carga, alimentado de uma fonte de corrente, que o aquece. O silício é retirado do forno a partir do fundo através de uma saída na parte inferior, e refinado por tratamento de escória ou purga de gás. Após o refino, a liga fundida é deixada a arrefecer no molde e, em seguida, triturada para um tamanho específico. O silício produzido por este processo é denominado grau metalúrgico, apresentando um grau de pureza superior a 99%, dependendo da pureza da matéria prima (Mori et al., 2007).

A principal emissão dessa etapa é o pó de sílica, que pode causar doenças pulmonares. Este pó é formado como um subproduto do processo de fundição. Em um forno de silício cerca de 0,2 a 0,4 toneladas de condensado de sílica ativa é produzida por tonelada de silício metálico fabricado. Mas os impactos não ficam restritos a essa emissão, pois para a formação da massa redutora e no processo de aquecimento são liberados gases tóxicos e causadores de efeito estufa. Gases como CO, SiO, NO_X, SO_X e CO_2.

3.3 Impactos ambientais da purificação do silício grau metalúrgico

As impurezas desempenham um papel vital em células solares de silício. As impurezas, tais como o boro e fósforo, em pequenas quantidades, são desejáveis para a formação da junção p-n, necessária para a geração de eletricidade na célula solar de silício, enquanto outras impurezas têm efeitos adversos sobre as células solares. As impurezas podem levar à formação de defeitos, e favorecer a formação de deslocamentos que podem comprometer tanto as propriedades mecânicas e elétricas, como diminuir a eficiência da célula solar.

No entanto, o silício para uso nas placas fotoelétricas deve atingir elevado grau de pureza o que requer uma etapa de purificação. Cada tecnologia apresenta uma forma de se obter essa pureza.

O processo para a obtenção de silício de grau solar policristalino é feito por via gasosa, fazendo reagir o Si com HCl, resultando nos gases da família dos silanos. Os principais gases utilizados são o silano, SiH_4, e o triclorosilano, $SiHCl_3$, que passam por destilações sucessivas até atingirem a pureza máxima (Delannoy, Y., 2012). Existem duas técnicas de produção do silício policristalino a partir das fontes gasosas: o método do reator Siemens (Goetzberger et al., 1998) e o método do reator de leito fluidizado (FBR) (Weidhaus et al., 2005). O método mais utilizado é o Siemens, que se baseia na decomposição térmica por deposição por vapor químico dos gases precursores de silício. O reator contém no seu interior varetas de silício policristalino a elevadas temperaturas, sobre as quais o silício é depositado até ser atingido o diâmetro pretendido. No final, essas as varetas com o material depositado e tamanho considerável são desfeitas em pequenos pedaços de silício. Há também a possibilidade de realizar a purificação pela rota metalúrgica utilizando o silício grau metalúrgico através de uma série de etapas de refino. As técnicas com base neste princípio incluem tanto a solidificação direcional quanto a lixiviação ácida.

Para se obter barras de silício monocristalino a técnica mais comum é a de Czochralski, desenvolvida em 1916. No método, o cristal cilíndrico de silício é extraído muito lentamente a partir de um cadinho que contém silício policristalino fundido, iniciando-se o processo com uma semente de silício monocristalino (McEvoy et al.,2003)

O uso de gás de silano é um risco significativo na produção de silício grau solar, porque é extremamente explosivo e apresenta um perigo potencial para os trabalhadores e comunidades. A produção de silano e triclorosilano resulta em tetracloreto de silício como resíduo, uma substância extremamente tóxica, que reage violentamente com a água, causa queimaduras na pele, prejudica o sistema respiratório e causa irritação dos olhos (Mulvaney et al., 2009).

Outro impacto advindo dessa etapa da produção é a emissão de hexafluoreto de enxofre, que é um gás de efeito estufa extremamente potente. Ele é usado para limpar os reatores utilizados na produção de silício. Além disso, a reação do hexafluoreto de enxofre pode provocar emissões de dióxido de enxofre, propiciando a ocorrência de chuva ácida.

Há ainda produtos químicos que podem requerer procedimentos especiais de manipulação e de eliminação. São eles (Dubey et al., 2012), (Khalifa et al., 2013), (Dubey et al., 2011):

• Grandes quantidades de hidróxido de sódio são utilizadas para remover o dano de corte nas superfícies da bolacha de silício. Em alguns casos, o hidróxido de potássio é utilizado em vez disso. Estes produtos químicos cáusticos são perigosos para os olhos, pulmões e pele.

• Produtos químicos corrosivos, como ácido clorídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico e ácido fluorídrico são utilizados para remover as impurezas e materiais de limpeza de semicondutores.

• Fosfina ou de arsina gás tóxico é utilizado na dopagem do material semicondutor. Mesmo usados em pequenas quantidades, a contenção inadequada ou liberação acidental apresenta riscos ocupacionais. O processo de dopagem ainda inclui oxicloreto de fósforo, tricloreto de fósforo, brometo de boro e tricloreto de boro.

• O álcool isopropílico é usado para limpar as células de silício. A superfície da pastilha é oxidada em dióxido de silício para proteger a célula solar.

3.4 Impactos ambientais na montagem das placas

Nesta etapa o foco não é mais relacionado ao processo de fabricação, mas sim o de montagem e complementação da estrutura. Há impactos advindos da montagem dos módulos fotovoltaicos e dos materiais para a construção da estrutura do sistema dos painéis. Os perigos dessas atividades estão associados aos industriais convencionais, envolvendo materiais como o aço, alumínio e concreto.

O chumbo é frequentemente usado em circuitos eletrônicos fotovoltaicos solares para fiação, tiras de cobre revestido de solda, e algumas pastas de impressão a base de chumbo. Pequenas quantidades de prata e alumínio são usadas para fazer os contatos elétricos da célula.

4. IMPACTOS AMBIENTAIS E A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Após apresentar os impactos ambientais e a estruturação do direito brasileiro, faz-se agora necessário a correlação dos dois para evidenciar a necessidade de se estruturar a questão ambiental em caso de desenvolvimento de projetos de fabricação de células fotovoltaicas. É interessante abordar o direito do ponto de vista do licenciamento ambiental das atividades de produção para facilitar os procedimentos de implementação das fábricas no Brasil.

O licenciamento se configura no principal instrumento estatal de defesa do meio ambiente. É um processo administrativo, por meio do qual o órgão competente decidirá se concede ou não a licença ambiental solicitada (Fiorillo, 2006). Segundo o MME (2013) "O licenciamento ambiental é um importante instrumento de gestão da Política Nacional de Meio Ambiente. Por meio dele, a administração pública busca exercer o necessário controle sobre as atividades humanas que interferem nas condições ambientais. Desta forma, tem, por princípio, a conciliação do desenvolvimento econômico com o uso dos recursos naturais, de modo a assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas em suas variabilidades físicas, bióticas, sócio-culturais e econômicas. Deve, ainda, estar apoiado por outros instrumentos de planejamento de políticas ambientais como a avaliação ambiental estratégica; avaliação ambiental integrada; bem como por outros instrumentos de gestão - zoneamento ecológico econômico, planos de manejo de unidades de conservação, planos de bacia, etc.".

A implementação de fábricas para produção do painel fotovoltaico deve, dessa maneira, ser autorizada e atender a estes requisitos, pois conforme o TCU/IBAMA (2007), em sua Cartilha de Licenciamento Ambiental, "O licenciamento ambiental é uma obrigação legal prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente e possui como uma de suas mais expressivas características a participação social na tomada de decisão, por meio da realização de Audiências Públicas como parte do processo".

As diretrizes a serem seguidas para se alcançar essa autorização devem atender às normas hierarquizadas e organizadas conforme apresentado anteriormente na Seção 2, com as leis estaduais completando de forma supletiva as Leis Federais e as Leis Municipais completando também as Normas Federais e Estaduais, nunca contrariando. Sobre essa normatização o TCU/IBAMA (2007) define:

> *"As principais diretrizes para a execução do licenciamento ambiental estão expressas na Lei n° 6.938/81 e nas Resoluções CONAMA nº 001/86 e nº 237/97. Além dessas, recentemente foi publicado a Lei Complementar nº 140/11, que discorre sobre a competência estadual e federal para o licenciamento, tendo como fundamento a localização do empreendimento"*.

Essas leis definem as obrigações, compartilhando entre os Órgãos Estaduais e Municipais de Meio Ambiente e o Ibama, como partes integrantes do SISNAMA, além de a própria constituição delegar responsabilidade a todos os entes.

Nas normas, a necessidade de licenciamento para algumas atividades não é bem esclarecida. Os conceitos de poluição e degradação trazem termos abstratos que deixam abertura para a determinação da necessidade, ou não, de licenciamento. O TCU/IBAMA (2007) afirma:

> *"A definição legal do termo poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades humanas. O termo degradação é traduzido pela legislação como a alteração adversa das características do meio ambiente. Considerando que não há como fixar, de forma definitiva, as atividades que causam degradação ou mesmo o grau de alteração adversa ocasionado, caberá consulta ao órgão ambiental para determinar se o empreendimento necessita de licenciamento"*.

No entanto, há na legislação, no caso das atividades relacionadas à fabricação das Placas Fotovoltaicas, previsão da necessidade do licenciamento ambiental. A Resolução CONAMA n° 237/97 traz em seu Anexo I:

> *"ATIVIDADES OU EMPREENDIMENTOS SUJEITAS AO LICENCIAMENTO AMBIENTAL*
> ***Extração e tratamento de minerais***
> *(...)*
> *- lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento*

- lavra subterrânea com ou sem beneficiamento
(...)
Indústria metalúrgica
(...)
- produção de laminados / ligas / artefatos de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia
- metalurgia do pó, inclusive peças moldadas
(...)
Indústria de material elétrico, eletrônico e comunicações
(...)
- fabricação de material elétrico, eletrônico e equipamentos para telecomunicação e informática"

O processo de licenciamento ambiental se divide em várias etapas. Para cada uma delas é necessária a licença adequada. Uma para o planejamento do empreendimento ou da atividade, a licença prévia. Outra para a construção e obra, a licença de instalação. E, por fim, uma para a operação ou funcionamento, a licença de operação. Conforme definição do TCU/IBAMA (2007),

> *"A Licença Prévia deve ser solicitada na fase preliminar do planejamento da atividade. É ela que atestará a viabilidade ambiental do empreendimento, aprovará sua localização e concepção e definirá as medidas mitigadoras e compensatórias dos impactos negativos do projeto. Sua finalidade é definir as condições com as quais o projeto torna-se compatível com a preservação do meio ambiente que afetará. É também um compromisso assumido pelo empreendedor de que seguirá o projeto de acordo com os requisitos determinados pelo órgão ambiental. (...) a concessão da licença prévia dependerá de aprovação de estudo prévio de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/Rima)."*
>
> *"Após a obtenção da licença prévia, inicia-se, então, o detalhamento do projeto de construção do empreendimento, incluindo nesse as medidas de controle ambiental determinadas. Antes do início das obras, deverá ser solicitada a licença de instalação junto ao órgão ambiental, que verificará se o projeto é compatível com o meio ambiente afetado".*
>
> *"A licença de operação autoriza o interessado a iniciar suas atividades. Tem por finalidade aprovar a forma proposta de convívio do empreendimento com o meio ambiente e estabelecer condicionantes para a continuidade da operação."*

O início desse processo de licenciamento ambiental de empreendimento ou atividade potencialmente poluidores passa pela definição do órgão responsável. O interessado deve solicitar ao órgão ambiental competente para emitir a licença, podendo ser o IBAMA, os Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMAs) ou os Órgãos Municipais de Meio Ambiente (OMMAs). No entanto, em situações concretas a distribuição dessa competência gera muita duvida. A relação normativa não é muito clara e ocasiona discussões acerca de qual esfera é responsável pelo licenciamento.

A Constituição Federal no seu art. 23, incisos III, VI e VII, conforme visto anteriormente define que é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios proteger o meio ambiente, combater a poluição em qualquer de suas formas e preservar as florestas, a fauna e a flora, ou seja, é obrigação de todos. É a Lei n° 6.938/81 que delimita a competência. Ela determina que a tarefa de licenciar seja, em regra, dos Estados, cabendo ao IBAMA uma atuação supletiva, ou seja, substituir o órgão estadual em sua ausência ou omissão. Portanto, não cabe ao órgão federal rever ou suplementar a licença ambiental concedida pelos Estados.

Ao IBAMA também foi dada pelo dispositivo legal competência originária para licenciar. Coube a esse órgão a responsabilidade pelo licenciamento de atividades e obras com significativo impacto ambiental, de âmbito nacional ou regional. O CONAMA (1997), em sua Resolução n° 237/97 enquadra nessa situação os empreendimentos:

> *"I - localizadas ou desenvolvidas conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; no mar territorial; na plataforma continental; na zona econômica exclusiva; em terras indígenas ou em unidades de conservação do domínio da União.*
>
> *II - localizadas ou desenvolvidas em dois ou mais Estados;*
>
> *III - cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais do País ou de um ou mais Estados;*
>
> *IV - destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN;*
>
> *V- bases ou empreendimentos militares, quando couber, observada a legislação específica."*

A Resolução CONAMA n° 237/97 relaciona também as situações em que a competência pelo licenciamento recai sobre os órgãos estaduais e distrital. São de sua responsabilidade os empreendimentos e atividades:

> *"I - localizados ou desenvolvidos em mais de um Município ou em unidades de conservação de domínio estadual ou do Distrito Federal;*
>
> *II - localizados ou desenvolvidos nas florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente relacionadas no artigo 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e em todas as que assim forem consideradas por normas federais, estaduais ou municipais;*
>
> *III - cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais de um ou mais Municípios;*
>
> *IV – delegados pela União aos Estados ou ao Distrito Federal, por instrumento legal ou convênio"*

Aos órgãos ambientais municipais compete o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades de impacto ambiental local e daqueles sobre os quais houve delegação pelo estado por instrumento legal ou convênio

O intuito do legislador, conforme denota o TCU/IBAMA (2007)foi:

> *"repartir a competência do licenciamento entre os entes da federação é o impacto ambiental do empreendimento. Não é relevante para essa repartição se o bem é de domínio da União, dos Estados ou dos Municípios. O que se considera é a predominância do interesse, com base no alcance dos impactos ambientais diretos (e não indiretos) da atividade."*

Essa distribuição de competências, no entanto, ainda gera dúvidas e somente será plenamente esclarecida quando houver a regulamentação das competências comuns da União, dos Estados e dos Municípios, previstas no Art. 23 da Constituição Federal.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou aspectos legais e ambientais da geração fotovoltaica focado nos possíveis problemas que investidores interessados na produção de células fotovoltaicas poderão encontrar no Brasil no que diz respeito ao licenciamento ambiental. Foram expostas a organização do direito brasileiro, as leis e a distribuição hierárquica de competências. Também foram mostrados os impactos ambientais da produção de uma forma descritiva, demonstrando a necessidade do licenciamento. Além disso, os aspectos normativos foram correlacionados aos impactos, a fim de esclarecer responsabilidades e competências no processo de licenciamento ambiental e identificar os possíveis problemas e impecílios.

O trabalho contribui na análise dos potenciais gargalos no processo de licenciamento ambiental. Foram relatados três aspectos: (1) falta de clareza das normas na definição dos termos e parâmetros a serem seguidos, o que possibilita interpretações diversas no que diz respeito à necessidade de licenciamento ambiental; (2) não é nítida a competência para organizar, regular e fiscalizar, o que gera conflito e dúvida a respeito de qual órgão será responsável pelo licenciamento; (3) a constituição no Art. 23 colocou todos os entes federativos no mesmo patamar de responsabilidade para regulamentação, sem ser transparente na definição de fronteiras de responsabilidades; dessa maneira, a definição do ente federativo não ficou clara, tornando necessária regulamentação complementar.

Diante dos problemas expostos, se faz necessária a continuidade da análise normativa buscando sistematizar o processo de licenciamento e determinar de forma mais clara e prática os parâmetros técnicos a serem considerados em um possível novo empreendimento. Além disso, é importante entender se os parâmetros impostos pelas normas são realmente eficientes para reduzir os impactos ao meio ambiente ou apenas um empecilho burocrático ao estabelecimento da tecnologia.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CEMIG-D pelo apoio financeiro recebido no contexto do projeto de P&D "D470 - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em uma Usina Experimental de Geração Solar Fotovoltaica de 3 MW Conectada a Rede Elétrica" do programa de P&D da ANEEL.

REFERÊNCIAS

Brasil. Constituição (1988). Constituição [da] Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal. 1988. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA): SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/estr1.cfm > . Acesso em: 11/2013.

Brasil. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil. Lei Federal n° 7.803, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil. Lei Federal n° 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil. Lei Federal n° 7.347, de 24 de julho de 1985. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil. Lei Federal n° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1o, 4o, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei no 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil. Lei Federal n° 12.651, de 25 de maio 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória

no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil. Lei Federal n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil. Lei Federal n° 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o Art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil. Decreto n° 99.274, de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF.

Brasil. Resolução CONAMA n° 237 de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

Brasil. Tribunal de Contas da União. Cartilha de licenciamento ambiental / Tribunal de Contas da União; com colaboraçãodo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. -- 2.ed.-- Brasília: TCU, 4ª Secretaria de Controle Externo, 2007.83 p.

CGEE [Centro de Gestão e Estudos Estratégicos]. Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão. Brasília (DF): Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

Delannoy, Y., Purification of silicon for photovoltaic applications. Journal of Crystal Growth 360 (2012)

Diniz, M. H., 2008. Compêndio da introdução à ciência do direito. 14. ed. São Paulo: Saraiva.

Dubey S., Jadhav N. Y., Zakirova B., Socio-Economic and Environmental Impacts of Silicon Based Photovoltaic (PV) Technologies. PV Asia Pacific Conference 2012

Fiorillo, C. A. P., 2011. Curso de direito ambiental brasileiro, Saraiva.

Fthenakis V. M., Kim H. C., Photovoltaics: Life-cycle analyses. Solar Energy 85 (2011) 1609–1628

Ghensev, A., 2006. Materiais e Processos de Fabricação de Células Fotovoltaicas, Monografia, UFLA, Lavras.

Goetzberger, A., Knobloch J., Voss B., 1998. Crystalline Silicon Solar Cells, Jonh Wiley & Sons Inc.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA). Disponível em: <http://www.ibama.gov.br> . Acesso em: 11/2013.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: Portaria n.297/97. 1997. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/fauna/legislacao/port_297_97.pdf>. Acesso em: 11/2013.

Khalifa M., Atyaoui M., Hajji M., Ouertani R., Ezzaouia H., Purification of metallurgical-grade silicon powder via chemical attack by hydrofluoric and nitric acids followed by thermal treatment. Materials Sciencein Semiconductor Processing 16 (2013) 1742–1746

McEvoy, A., Markvart, T., Castañer, L., 2003. Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications. 2ª ed. Elsevier Science Ltd.

Masson, G., Latour, M., Rekinger, M. et al., 2013. Global Market Outlook. For Photovoltaics 2013-2017. European Photovoltaic Industry Association (EPIA).

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama> . Acesso em: 11/2013.

Mulvaney, D., Bolam, V., Cendejas, M. et al., 2009. Toward a Just and Sustainable Solar Energy Industry. A Silicon Valley Toxics Coalition White Paper. Silicon Valley Toxics Coalition

Mori, V., Santos, R. L.C. dos, Sobral, L. G. S., 2007. Metalurgia do silício: Processo de Obtençaõ e Impactos Ambientais, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM.

Weidhaus D, Schindlbeck E, Hesse K, Dornberger E, Pilot production of granular polysilicon from trichlorosilane using a fluidized bed-type reactor, Conf. Proceedings 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona, (2005), 565-568

TECHNICAL AND LEGAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE PHOTOVOLTAIC PANELS MANUFACTURING PROCESS

Abstract. *This article discusses Brazilian environmental laws related to manufacturing processes of photovoltaic panels for electricity generation. The aim is to show that, as in any manufacturing process, there are negative environmental impacts and, also, that they are not adequately treated by environmental laws. Initially, the normative structure of Brazilian laws is discussed, with their organization and hierarchies. Later, the stages of the various manufacture processes of photovoltaic cells and modules assembly are presented in a general manner. The existence of negative environmental impacts is stated. These impacts are related to environmental laws, with focus on the process of obtaining environmental licenses. Brazilian federal entities that are responsible for both regulation and licenses issue are presented. Procedures involved and possible difficulties associated with the licenses are evidenced.*

Key words*:* Photovoltaic Panel, Brazilian Environmental Laws, Environmental Impacts, Environmental Licensing.