



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
CHARLISE MARTINS DA SILVA

A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E O USO DE GRUPOS GERADORES

Palhoça
2013

CHARLISE MARTINS DA SILVA

A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E O USO DE GRUPOS GERADORES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica - Telemática da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Anderson Soares André, Dr. Eng.

Palhoça

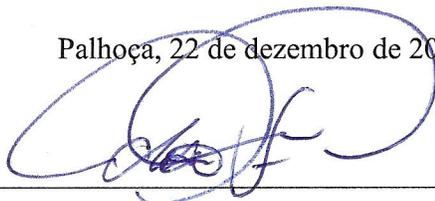
2013

CHARLISE MARTINS DA SILVA

A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E O USO DE GRUPOS GERADORES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Elétrica – Telemática, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

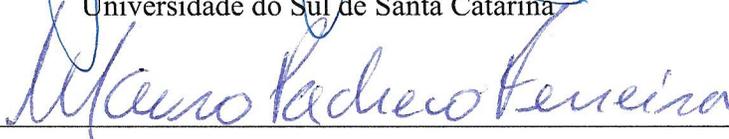
Palhoça, 22 de dezembro de 2013.



Prof. Anderson Soares André, Dr. Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. João Luiz Alkaim, Dr. Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Eng. Mauro Pacheco Ferreira

AQX Instrumentação

Dedico este trabalho aos meus pais Arlene e José, a minha irmã Charlene e aos meus amigos e colegas de turma.

AGRADECIMENTOS

Charlise agradece a:

Aos meus pais Arlene e José que sempre acreditaram em mim e me mostraram que sou capaz. Além da confiança e dedicação durante os cinco anos de muitos estudos.

À minha irmã e ao meu cunhado, que por terem vivenciado a mesma experiência, ensinaram-me a ter paciência e a não desistir de conquistar o meu sonho.

Aos meus amigos, que estiveram sempre ao meu lado nos momentos de descontração e com uma palavra de carinho, me fizeram continuar firme e acreditar que seria possível a realização dessa conquista.

Aos colegas do curso, que se tornaram pessoas especiais, pois juntos conseguimos desvendar os desafios e atingir os objetivos da Engenharia. Somos vencedores!

Ao meu companheiro pelo incentivo e apoio diário durante esta jornada.

Ao meu orientador, Prof. Anderson André Soares, que me apoiou durante toda a elaboração do trabalho, esteve sempre à disposição para repassar o seu conhecimento e auxiliar nas dificuldades encontradas.

A todos os professores que contribuíram para completarmos mais esta etapa de nossas vidas.

A todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, ajudaram na realização deste projeto.

“O mundo está nas mãos daqueles que tem coragem de sonhar e correr o risco de viver seus sonhos”. (Paulo Coelho)

RESUMO

No ritmo que cresce a dependência e o uso de recursos naturais para a geração de energia elétrica, que tem proporcionado a degradação ao meio ambiente e outros diversos problemas decorrentes desta prática, surge a Geração Distribuída (GD), que viabiliza a geração elétrica próxima aos centros consumidores, permitindo um melhor aproveitamento de recursos locais e evita as perdas no transporte de energia elétrica, favorecendo o uso de tecnologias de geração que utilizam recursos energéticos renováveis e menos poluentes. A GD pode ser uma boa alternativa às formas tradicionais de produção de energia elétrica, para as diversas aplicações. As tecnologias recentes têm permitido que se construam geradores de dimensões bastante reduzidas, muito eficientes, seguros, fáceis de adquirir e de operar. Inclusive a combinação de geração distribuída com a centralizada pode ser uma boa opção, como por exemplo, os geradores de emergência para a falta de fornecimento e limitação dos picos de energia. Mas também existem locais remotos, isolados, em que a GD poderá ser a única alternativa econômica disponível. Sendo assim, este trabalho buscou identificar e mostrar a legislação aplicável à Geração Distribuída, as fontes já regulamentadas e, por fim, apresentar as características que podem incluir o grupo gerador neste contexto.

Palavras-chave: Legislação. Geração Distribuída. Fontes de Energia. Grupo Gerador.

ABSTRACT

At the rate the dependency and use of natural resources for power generation increase, which has been degraded the environment and many others problems resulting from this practice, comes the Distributed Generation (DG). It enables electricity generation close to consumption centres, providing better use of local resources and avoids transmission losses of electricity favouring the use of generation technologies that use renewable energy sources and cleaner. The DG can be a good alternative to traditional forms of power generation, for various applications. Recent technologies have allowed to be built greatly reduced dimensions generators, with high efficiency, safety, all easily to acquire and operate. Even the combination of distributed generation can be centralized with a good choice, as for example, emergency generators to supply the lack or limitation and the peaks of the tip or applied to the network. Moreover, there are also isolated remote locations, wherein the DG may be the only alternative economically available. Therefore, this study aimed to identify and show the law applicable to Distributed Generation, sources of energy already regulated, and finally, present characteristics which may include the generator in this context.

Keywords: Regulated. Distributed Generation. Sources of energy. Generator.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL - Ambiente de Comercialização Livre
ACR - Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
ART - Artigo
BIG - Banco de Informações de Geração
CCEAL - Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Livre
CCEAR - Contrato de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado
CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCEI - Contratos de Comercialização de Energia Incentivada
CDE - Conta de Desenvolvimento Energético
CGH - Central Geradora Hidrelétrica
CNPE - Conselho Nacional de Política Energética
CNPJ - Cadastro de Pessoa Jurídica
CPF - Cadastro de Pessoa Física
Ee - Energia da utilidade eletromecânica
Ef - Energia da fonte
Et - Energia da utilizada calor
Fc - Fator de cogeração
GLP - Gás Liquefeito de Petróleo
GD - Geração Distribuída
INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética
NOS - Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCI - Poder calorífico inferior
PCH - Pequena Central Hidrelétrica
PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
QEE - Qualidade da Energia Elétrica
REN - Resolução Normativa
SIN - Sistema Interligado Nacional
TUSD - Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição de Energia
TUSDg - Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição de Energia Aplicável às Centrais Geradoras
TUST - Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão de Energia

UHE - Usina Hidrelétrica de Energia

X - Fator de ponderação

LISTA DE SÍMBOLOS

kW - Quilowatt - Unidade de Potência

MW - Megawatt - Unidade de Potência

Kv - Quilovolt - Unidade de Tensão Elétrica

kWh - Quilowatt-hora

kWh/h - Quilowatt-hora por hora

°C - Grau Celsius

CO₂ - Dióxido de Carbono ou Gás Carbônico

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Geração Centralizada	26
Figura 2 - Geração Distribuída	27
Figura 3 - a) Sistema elétrico tradicional e b) Sistema elétrico “moderno” com GD	28
Figura 4 - Etapas de acesso obrigatórias para consumidores livres e especiais e centrais geradoras solicitantes de registro	30
Figura 5 - Proteções mínimas em função da potência instalada	32
Figura 6 - Geração Distribuída e as suas fontes de energia	35
Figura 7 - Energia Hidrelétrica	36
Figura 8 - Energia Solar	39
Figura 9 - Energia Eólica	40
Figura 10 - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa	42
Figura 11 - Energia Biomassa	44
Figura 12 - Utilidades da cogeração	46
Figura 13 - Configurações Topping e Bottoming	47
Figura 14 - Grupo Gerador	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	TEMA	13
1.2	PROBLEMA	13
1.3	OBJETIVO.....	14
1.3.1	Objetivo Geral.....	14
1.3.2	Objetivos Específicos	14
1.4	JUSTIFICATIVA.....	14
1.5	METODOLOGIA DA PESQUISA	15
2	DESENVOLVIMENTO.....	16
2.1	REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	16
2.2	A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	25
2.2.1	Vantagens e Desvantagens	32
2.3	FONTES DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	35
2.3.1	Energia Hidráulica	35
2.3.2	Energia Solar.....	37
2.3.3	Energia Eólica	39
2.3.4	Energia Biomassa.....	41
2.3.5	Cogeração	44
2.4	O GRUPO GERADOR	48
3	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O modelo de concepção da distribuição de energia elétrica no Brasil sofreu poucas mudanças ao longo dos anos, mantendo-se baseado na geração centralizada, através de grandes usinas hidroelétricas, aumentando, portanto, as probabilidades de um colapso do sistema (ESPINDOLA; DEMORO, 2012).

A geração distribuída é uma solução alternativa à geração centralizada de energia, pois se caracteriza por não ser despachada por grandes linhas de transmissão e ser de pequeno porte, quando sua potência é comparada aos demais tipos de centrais de geração de energia elétrica (PAULILLO et al, 2005).

Além disso, as regras publicadas em abril de 2012 pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, reduziram as barreiras para instalação de geração distribuída de pequeno porte, incluindo a microgeração, com até 100 kW de potência, e a minigeração, de 100 kW a 1 MW. A norma disponibilizou também o Sistema de Compensação de Energia, que permite ao consumidor instalar pequenos geradores em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local (ARRUDA, 2012).

Dentro deste contexto, este trabalho se propõe a apresentar a legislação que rege a Geração Distribuída, os tipos de fontes de energia aplicáveis em Geração Distribuída e, especificamente, as características e o funcionamento do Grupo Gerador, incluindo a sua importância e aplicações.

1.1 TEMA

Estudo da Geração Distribuída, legislação aplicável e fontes de energia envolvidas.

1.2 PROBLEMA

Criar um referencial teórico sobre Geração Distribuída e avaliar se os grupos geradores podem ser utilizados como fontes de Geração Distribuída.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo Geral

Estudar a Geração Distribuída, a legislação envolvida e as fontes de energia aplicáveis em Geração Distribuída.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar levantamento sobre as regras e normatização da Geração Distribuída na legislação brasileira;
- Descrever conceitualmente o que é Geração Distribuída;
- Identificar os tipos de fontes de Geração Distribuída;
- Estudar o funcionamento dos Grupos Geradores;
- Avaliar a utilização dos Grupos Geradores como fonte de Geração Distribuída.

1.4 JUSTIFICATIVA

A geração distribuída, devido às suas características, pode representar uma opção de geração de mais baixo custo e elevada qualidade de energia, quando comparada ao que o consumidor obtém da rede comercial (SANTOS, F. A.; SANTOS, F. M., 2008).

O conceito de Geração Distribuída pode englobar fontes de energia renováveis e não renováveis, como solar, eólica, biomassa e a gás (SANTOS, F. A.; SANTOS, F. M., 2008).

Entretanto, os grupos geradores usualmente não figuram nesta classificação. Dessa forma, este trabalho busca criar um referencial teórico sobre geração distribuída e avaliar as causas que levam a não inclusão dos grupos geradores nesta categoria de geração de energia.

1.5 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa a ser realizada neste trabalho pode ser classificada como exploratória. Isto porque visa a proporcionar maior familiaridade com o conceito de Geração Distribuída e com o Grupo Gerador, tornando-o explícito ou construindo hipóteses sobre ele.

Quanto à metodologia, o trabalho segue o método dedutivo. Esta opção se justifica porque o método escolhido permite a análise de problemas do geral, neste caso a Geração Distribuída, para o particular, o Grupo Gerador, através de uma cadeia de raciocínio decrescente.

Enquanto procedimento, este trabalho será realizado através de uma pesquisa bibliográfica, tendo em vista que será concebida a partir de materiais já publicados.

Por fim, a pesquisa terá uma abordagem qualitativa, pois o ambiente de estudo é fonte direta para coleta de dados, interpretação de fenômenos e atribuição de significados. As fontes de estudo se basearão em pesquisas, artigos, patentes, legislações, encontros, reuniões e debates com profissionais da área.

2 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será mostrada a forma como a legislação brasileira se apresenta quanto à regulamentação da Geração distribuída, buscando mostrar um panorama mais detalhado deste cenário, através do levantamento do conjunto de leis, decretos e resoluções que fazem referência à GD.

2.1 REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Para todo tipo de geração de energia existe a necessidade do estabelecimento de regras, para que sua instalação à rede comercial seja feita de forma confiável e eficiente do fornecimento de energia elétrica. Em função disso, a seguir apresentaremos a regulamentação aplicável à Geração Distribuída.

No Brasil, a lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL regulação, fiscalização, medição e outorga e disciplina o regime das concessões de serviço público de energia elétrica:

Art. 2º A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal. (BRASIL, 1996a)

Este órgão é responsável pelo estabelecimento da regulamentação do setor elétrico e também pela fiscalização entre os seus diversos agentes. Tem como missão proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade. (ALMADA, 2010)

Além das resoluções emitidas pelo órgão regulamentador, existem os decretos e leis que são emitidos pelo Estado e que devem ser cumpridos por todo e qualquer cidadão. Por esta razão, a seguir, são apresentados leis, decretos e resoluções que se referem à Geração Distribuída no Brasil.

O decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996, regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor. Tal decreto define que o produtor independente de energia elétrica é a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco. (BRASIL, 1996b)

Por outro lado, o autoprodutor de energia elétrica é a pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo. (BRASIL, 1996b)

Tal regulamentação deixa claro que, em determinadas condições, o produtor de energia não precisa dispender esforços e recursos normalmente necessários, quando se realiza a comercialização da energia. (BRASIL, 1996b)

A lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, além de criar o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que tem o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). A mesma lei cria a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), que busca garantir a competitividade da energia produzida a partir de fontes alternativas (eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa) e do carvão mineral nacional e dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica. (BRASIL, 2002)

A lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE que tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras. (BRASIL, 2004a)

Nesta mesma data, na lei nº 10.848, a Geração Distribuída foi mencionada como uma das possíveis fontes de geração de energia, como pode ser visto em:

Art. 2º - parágrafo 8º: No atendimento à obrigação referida no caput deste artigo de contratação da totalidade do mercado dos agentes, deverá ser considerada a energia elétrica:

I - contratada pelas concessionárias, pelas permissionárias e pelas autorizadas de distribuição de energia elétrica até a data de publicação desta Lei; e

II - proveniente de:

a) geração distribuída, observados os limites de contratação e de repasse às tarifas, baseados no valor de referência do mercado regulado e nas respectivas condições técnicas;

b) usinas que produzam energia elétrica a partir de fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, enquadradas na primeira etapa do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA; ou

c) Itaipu Binacional; ou (Redação dada pela Lei nº 12.111, de 2009)

d) Angra 1 e 2, a partir de 1º de janeiro de 2013. (Incluído pela Lei nº 12.111, de 2009) (BRASIL, 2004b)

O decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, fornece características para conceituar Geração Distribuída e limitar os tipos de fonte de energia, como visto em seu art. 14, que informa que para os fins deste Decreto, considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento:

I - hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; e

II - termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento, conforme regulação da ANEEL, a ser estabelecida até dezembro de 2004. (BRASIL, 2004c)

A resolução normativa nº 77, de 18 de agosto de 2004, com alterações apresentadas pelas Resoluções nº 157, de 09 de maio de 2005 e nº 271, de 3 de julho de 2007, estabelece os procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos hidroelétricos e aqueles com base em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, cuja potência injetada nos sistemas de transmissão e distribuição seja menor ou igual a 30.000 kW. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2004; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005a; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2007a)

Esta resolução também foi alterada pela Resolução nº 481, de 17 de abril de 2012, define, em seu art. 3, que para a fonte solar fica estipulado o desconto de 80% (oitenta por cento), para os empreendimentos que entrarem em operação comercial até 31 de dezembro de 2017, aplicável nos 10 (dez) primeiros anos de operação da usina, nas tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição – TUST e TUSD, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012a)

No parágrafo 1º, o desconto de que trata o caput, será reduzido para 50% (cinquenta por cento) após o décimo ano de operação da usina e no parágrafo 2º, os empreendimentos que entrarem em operação comercial após 31 de dezembro de 2017 farão jus ao desconto de 50% (cinquenta por cento) nas referidas tarifas.

A resolução normativa nº 167, de 10 de outubro de 2005, estabelece as condições para a comercialização de energia proveniente de Geração Distribuída, detalhando os critérios contratuais, taxas e impostos, e a forma como deve ser regularizada na ANEEL. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005b)

O art. 2º diz respeito às opções que o agente de distribuição tem para contratar a energia elétrica que poderá ser por processo de chamada pública, de forma a garantir a publicidade, transparência e igualdade aos interessados ou a compra de energia elétrica

produzida pela empresa de geração decorrente da desverticalização, cujos contratos de compra e venda deverão ser registrados na ANEEL e na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005b)

A resolução normativa nº 228, de 25 de julho de 2006, com alterações apresentadas na Resolução nº 284, de 16 de outubro de 2007, estabelece os requisitos para a certificação de centrais geradoras termelétricas na modalidade de Geração Distribuída, para fins de comercialização de energia elétrica no Ambiente de Contratação Regulada – ACR. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006a; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2007b)

O modelo do Setor Elétrico Brasileiro, sustentado pelas leis nº 10.847 e 10.848, e pelo Decreto nº 5.163, já apresentados anteriormente, prevê a comercialização de energia em dois ambientes, Ambiente de Comercialização Regulado (ACR) e o Ambiente de Comercialização Livre (ACL). (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006a; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2007b)

A comercialização de energia no ACR é destinada à contratação por concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviço público de distribuição, realizada por meio de leilões de compra ou leilões de ajustes, onde participam como vendedores os agentes permissionários ou autorizados de geração, os autorizados de comercialização ou importação de energia. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006a; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2007b)

Os leilões de compra de energia elétrica são realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE, por delegação da ANEEL e os leilões estruturantes definidos pelo Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, são realizados diretamente pela ANEEL. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006a; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2007b)

Os contratos originados dessa contratação são denominados Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado (CCEAR). Estes têm regulação específica para aspectos como preço da energia, submercado de registro do contrato e vigência de suprimento, os quais não são passíveis de alterações bilaterais por parte dos agentes. Apesar de não ser contratada em leilões, a energia gerada pela usina binacional de Itaipu e a energia associada ao Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA são enquadradas no ACR, pois sua contratação é regulada, com condições específicas definidas pela ANEEL. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006a; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2007b)

Os Contratos de Geração Distribuída são contratos de compra e venda de energia elétrica precedidos de chamada pública promovida pelo agente distribuidor. A energia elétrica que é objeto desse tipo de contratação provem de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador – com exceção da energia proveniente de empreendimentos indicados no art. 14 do decreto nº 5.163/2004. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006a; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2007b)

Em contrapartida, no Ambiente de Contratação Livre - ACL, os geradores a título de serviço público, autoprodutores, produtores independentes, comercializadores, importadores e exportadores de energia e os consumidores livres e especiais têm liberdade para negociar a compra de energia, estabelecendo volumes, preços e prazos de suprimento. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006a; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2007b)

Essas operações são acordadas por meio de Contratos de Compra de Energia no Ambiente Livre. Esses contratos, denominados Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Livre (CCEAL), devem ser, obrigatoriamente, registrados na CCEE, instituição responsável por realizar a liquidação financeira das diferenças entre os montantes contratados e os montantes efetivamente consumidos. Contratos originados a partir de fontes incentivadas de energia são denominados Contratos de Comercialização de Energia Incentivada (CCEI). (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006a; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2007b)

A resolução normativa nº 235, de 14 de novembro de 2006, estabelece os requisitos para a qualificação de centrais termelétricas cogedoras de energia, com vistas à participação nas políticas de incentivo ao uso racional dos recursos energéticos. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006b)

Destaca-se o art 3º que define o conceito de cogeração: processo operado numa instalação específica para fins da produção combinada das utilidades calor e energia mecânica, esta geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia disponibilizada por uma fonte primária. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006b)

A resolução normativa nº 247, de 21 de dezembro de 2006, por sua vez, estabelece as condições para a comercialização de energia elétrica oriunda de empreendimentos de geração que utilizem fontes primárias incentivadas, com unidade ou conjunto de unidades consumidoras cuja carga seja maior ou igual a 500 kW. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006c)

Neste caso, enquadra-se a Geração Distribuída a partir dos aproveitamentos de potencial hidráulico de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, destinados à produção independente ou autoprodução, mantidas as características de pequena

central hidrelétrica; empreendimentos com potência instalada igual ou inferior a 1.000 kW; empreendimentos cuja fonte primária de geração seja a biomassa, energia eólica ou solar, de potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição menor ou igual a 30.000 kW.

A resolução normativa nº 349, de 13 de janeiro de 2009, estabelece os critérios para o cálculo locacional da Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição aplicável às centrais geradoras – TUSDg conectadas no nível de tensão de 138 kV ou 88 kV, o que é de interesse da Geração Distribuída que utilizam o sistema de distribuição de energia. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009a)

A resolução normativa nº 390, de 15 de dezembro de 2009, estabeleceu os requisitos necessários à outorga de autorização para exploração e alteração da capacidade instalada de usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, além dos procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009b)

Nesta mesma data, a resolução normativa nº 395, com alterações apresentadas na Resolução nº 517, de 11 dezembro de 2012, aprova os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, que por sua vez estabelece as condições de acesso ao Sistema Interligado Nacional - SIN, compreendendo a conexão e o uso ao sistema de distribuição, e definir os critérios técnicos e operacionais, os requisitos de projeto, as informações, os dados e a implementação da conexão, aplicando-se aos novos acessantes bem como aos existentes. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

Os Procedimentos de Distribuição são documentos elaborados pela ANEEL, com a participação dos agentes de distribuição e de outras entidades e associações do setor elétrico nacional, que normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

O módulo 1 – Introdução - define os propósitos gerais e o âmbito de aplicação dos Procedimentos de Distribuição, com informações resumidas dos módulos que os integram para proporcionar uma visão global de sua constituição e organização. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

O módulo 2 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição - tem como objetivo estabelecer as diretrizes para o planejamento da expansão do sistema de distribuição, subsidiando a definição dos pontos de conexão das instalações dos acessantes; estabelecer os requisitos mínimos de informações necessárias para os estudos de planejamento do sistema de distribuição; definir critérios básicos para troca de informações entre os diversos agentes

envolvidos no planejamento do sistema de distribuição; subsidiar estudos da ANEEL para definição de regulamentos específicos. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

O módulo 3 - Acesso ao Sistema de Distribuição - estabelece as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, ao sistema de distribuição, e definir os critérios técnicos e operacionais, os requisitos de projeto, as informações, os dados e a implementação da conexão, aplicando-se aos novos acessantes bem como aos existentes. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

O módulo 4 - Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição - estabelece procedimentos de operação dos sistemas de distribuição, para que as distribuidoras e demais agentes formulem os planos e programas operacionais dos sistemas de distribuição; estabelecer a uniformidade de procedimentos para o relacionamento operacional entre os centros de operação das distribuidoras, das transmissoras, dos centros de despacho de geração distribuída e demais órgãos de operação das instalações dos acessantes; definir os recursos mínimos de comunicação de voz e de dados entre os órgãos de operação dos agentes envolvidos. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

O módulo 5 - Sistemas de Medição - estabelece os requisitos mínimos para medição das grandezas elétricas do sistema de distribuição aplicáveis ao faturamento, à qualidade da energia elétrica, ao planejamento da expansão e à operação do sistema de distribuição; apresentar os requisitos básicos para a especificação dos materiais, equipamentos, projeto, montagem, comissionamento, inspeção e manutenção dos sistemas de medição; estabelecer procedimentos fundamentais para que os sistemas de medição sejam instalados e mantidos dentro dos padrões necessários aos processos de contabilização de energia elétrica; verificar que as disposições estejam de acordo com a legislação vigente e as exigências dos órgãos competentes. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

O módulo 6 - Informações Requeridas e Obrigações - defini e detalha como as informações serão trocadas entre as distribuidoras, os acessantes, outros agentes e as entidades setoriais. São estabelecidas as obrigações das partes interessadas, visando atender os procedimentos, critérios e requisitos dos módulos técnicos. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

O módulo 7 - Cálculo de Perdas na Distribuição - estabelece a metodologia e os procedimentos para obtenção dos dados necessários para apuração das perdas dos sistemas de distribuição de energia elétrica; definir indicadores para avaliação das perdas nos segmentos de distribuição de energia elétrica; estabelecer a metodologia e os procedimentos para apuração

das perdas dos sistemas de distribuição de energia elétrica. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

O módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica - estabelece os procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica - QEE, abordando a qualidade do produto e a qualidade do serviço prestado. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

O módulo 9 - Ressarcimento de Danos Elétricos - estabelece os procedimentos a serem observados pelas distribuidoras na análise de processos de ressarcimento de danos elétricos. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

A Cartilha de Acesso ao Sistema de Distribuição apresenta os conceitos básicos relativos ao processo de acesso aos sistemas de distribuição de energia elétrica nacional, consolidados nos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

No caso da Geração Distribuída, a Seção 3.7 do Módulo 3, descreve os procedimentos para acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição.

O acesso ao sistema de distribuição deve ser solicitado junto à distribuidora titular de concessão ou permissão na área geográfica em que se localizarem as instalações do acessante - unidade consumidora, central geradora, distribuidora ou agente importador ou exportador de energia com instalações que se conectam ao sistema elétrico de distribuição, individualmente ou associados. Para a central geradora classificada como micro ou minigeração distribuída, são obrigatórias apenas as etapas de solicitação de acesso e parecer de acesso. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

A solicitação de acesso é o requerimento formulado pelo acessante que, uma vez entregue à acessada - distribuidora de energia elétrica em cujo sistema elétrico o acessante conecta suas instalações - implica a prioridade de atendimento, de acordo com a ordem cronológica de protocolo. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

Compete a distribuidora a responsabilidade pela coleta das informações das unidades geradoras junto aos micro e minigeradores distribuídos e envio dos dados à ANEEL para fins de registro, nos termos da regulamentação específica. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

Para micro e minigeração distribuída, fica dispensada a apresentação do Certificado de Registro, ou documento equivalente, na etapa de solicitação de acesso. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

O parecer de acesso é o documento formal obrigatório apresentado pela acessada, sem ônus para o acessante, onde são informadas as condições de acesso, compreendendo a

conexão e o uso, e os requisitos técnicos que permitam a conexão das instalações do acessante, com os respectivos prazos. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

Compete à distribuidora a realização de todos os estudos para a integração de micro e minigeração distribuída, sem ônus ao acessante, devendo informar à central geradora os dados necessários à elaboração dos estudos que devem ser apresentados quando da solicitação de acesso. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

A resolução normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, com alterações apresentadas na Resolução nº 499, de 3 de julho de 2012, estabelece, de forma atualizada e consolidada, os aspectos técnicos relacionados ao fornecimento de energia elétrica e esclarece os direitos e deveres tanto das distribuidoras como dos consumidores, que inclui, o atendimento inicial (solicitação de fornecimento, prazos de ligações, orçamentos de obras para fornecimento, remanejamento de carga), quais as modalidades tarifárias, como são os contratos, as medições e o faturamento, as formas de pagamentos, os esclarecimentos sobre a fatura, os procedimentos irregulares, as responsabilidades da distribuidora e do consumidor, a suspensão do fornecimento, como deve ser o atendimento ao público e o ressarcimento de danos elétricos. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2010)

Outra informação relevante dá conta de que em 2010, a Consulta Pública 15/2010 teve o objetivo de reduzir as barreiras regulatórias existentes para conexão de geração distribuída de pequeno porte na rede de distribuição, cuja fonte de energia seja renovável.

No ano seguinte, a ANEEL deu início a Audiência Pública nº. 042/2011 que tinha como objetivo obter contribuições à minuta de Resolução Normativa que busca reduzir as barreiras para a instalação de micro e minigeração distribuída incentivada e fornecer incentivos para usinas com fonte solar.

Somente em 17 de abril de 2012 foi editada a resolução normativa nº 482, com alterações apresentadas na Resolução nº 517, de 11 dezembro de 2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012c; Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012d)

Nesta mesma normativa, foram adotadas as seguintes definições:

- Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

- Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
- Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012c)

Por fim, a Resolução Normativa nº 548 altera a Resolução Normativa nº 467, de 6 de dezembro de 2011, que estabelece os requisitos e critérios para modificação do regime de exploração das concessões de aproveitamentos hidrelétricos para geração de energia elétrica destinada a serviço público. O art. 1º da resolução normativa nº 548 descreve o art. 8º da resolução normativa nº 467 que passa a vigorar com a seguinte redação:

Art. 8º A concessionária que houver celebrado, com agente de distribuição, contrato de compra e venda de energia elétrica na modalidade geração distribuída por chamada pública, contrato bilateral anterior à Lei nº 10.848, de 2004, ou Contrato de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado – CCEAR em que é possível identificar o empreendimento que confere lastro ao agente vendedor, terá a modificação do regime de exploração condicionada à celebração de termo aditivo contratual de forma a prever a aplicação de desconto na fatura de energia equivalente ao desconto obtido na TUSDg, enquanto vigorar o contrato. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

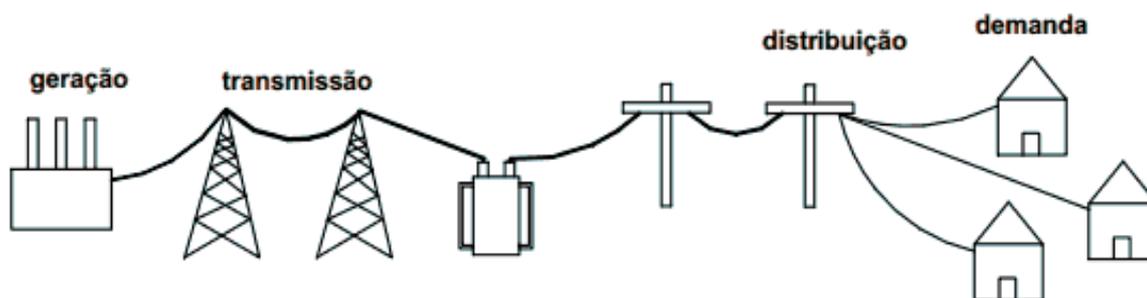
A partir da legislação supracitada, espera-se ter traçado um panorama do indicado conjunto de leis e resoluções que envolvem o tema estudado.

2.2 A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

O primeiro passo para produzir energia elétrica é obter a força necessária para girar as turbinas das usinas de eletricidade que, em geral, são gigantescos sistemas de hélices, que por sua vez movimentam os geradores, transformando a energia mecânica em energia elétrica. Essa força pode ser obtida de diversas fontes de energia primária. (GODOI, 2013)

As grandes usinas de energia elétrica são, geralmente, construídas longe dos centros consumidores e, por isso, a eletricidade produzida pelos geradores precisa ser transmitida por longas distâncias, em um complexo sistema de transmissão, caracterizando-se como Geração Centralizada de Energia. (FILHO, 2013)

Figura 1 - Geração Centralizada



Fonte: Filho (2013).

Ao sair dos geradores, a eletricidade começa a ser transportada através de cabos aéreos, fixados em grandes torres de metal. Esse conjunto de cabos e torres é conhecido como rede de transmissão. (FILHO, 2013)

Depois de percorrer o longo caminho entre as usinas e os centros consumidores nas redes de transmissão, a energia elétrica chega nas subestações que abaixam a sua tensão, para que possa ser iniciado o processo de distribuição. (FILHO, 2013)

O segmento de distribuição se caracteriza como o segmento do setor elétrico dedicado à entrega de energia elétrica para um usuário final. Como regra geral, o sistema de distribuição pode ser considerado como o conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam, geralmente, em tensões inferiores a 230 kV, incluindo os sistemas de baixa tensão. (CALABRÓ, 2013)

Atualmente, o Brasil possui 63 concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, além de um conjunto de permissionárias (cooperativas de eletrificação rural que passaram pelo processo de enquadramento como permissionária de serviço público de distribuição de energia elétrica). (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

O sistema de transmissão brasileiro, considerado o maior e único em âmbito mundial, é controlado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que conta com a participação de empresas de todo o país, trabalhando de forma interligada. (Operador Nacional do Setor Elétrico, 2013)

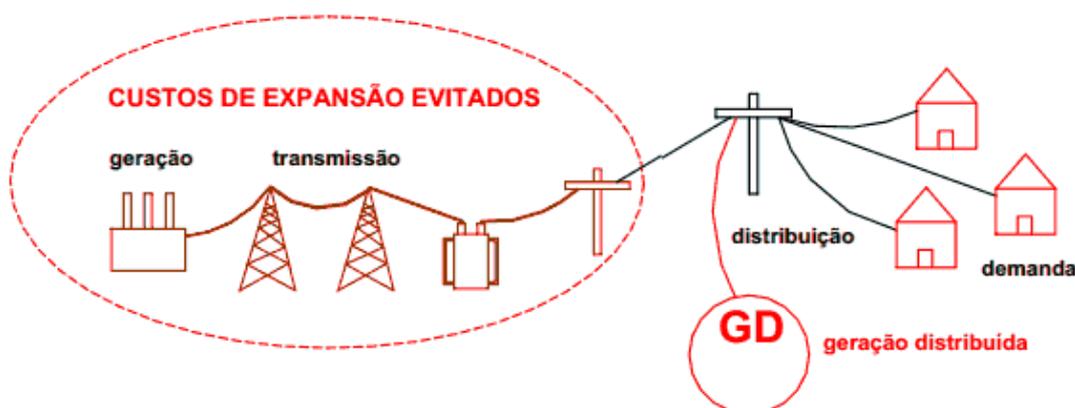
O Sistema Interligado Nacional (SIN), formado basicamente por empresas de geração, transmissão e distribuição do país, permite o intercâmbio de energia elétrica entre as diversas regiões brasileiras. (Operador Nacional do Setor Elétrico, 2013)

Apesar do SIN abastecer a maior parte do país, alguns sistemas menores e isolados também são utilizados, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Os chamados sistemas isolados geram a energia que vai ser consumida apenas em uma determinada localidade ou até mesmo por uma só indústria. (Operador Nacional do Setor Elétrico, 2013)

Estes pontos isolados, dependendo da sua fonte de energia e estrutura de instalação, podem ser classificados como Geração Distribuída de Energia.

Este conceito é a denominação genérica de um tipo de geração de energia elétrica que se diferencia da realizada pela geração centralizada por ocorrer em locais em que não seria instalada uma usina geradora convencional, contribuindo assim para aumentar a distribuição geográfica da geração de energia elétrica em determinada região. (FILHO, 2013)

Figura 2 - Geração Distribuída



Fonte: Filho (2013).

A GD também conhecida como 'descentralizada', caracteriza-se pela produção de eletricidade próxima ao consumo, dispensando a linha de transmissão e os complexos sistemas de distribuição para atender ao consumidor final. Além disso, difere da Geração Centralizada, porque o planejamento e o despacho não são controlados de forma centralizada. (COSTA, 2013; CARDOSO, 2009)

O Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE) também afirma que Geração Distribuída é a geração elétrica realizada junto ou próxima do consumidor, independente da potência, tecnologia e fonte de energia. Por este motivo, tem vantagem sobre a geração

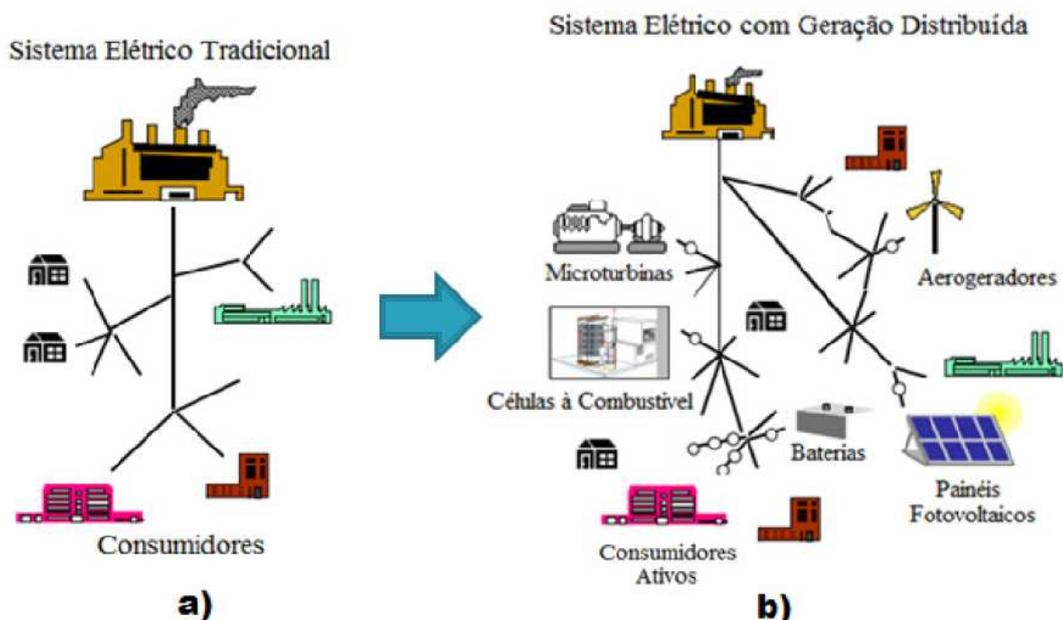
centralizada pois economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nestes sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica. (INEE, 2013)

Para a consolidação destas definições e melhor entendimento do conceito e do princípio da GD, bem como para também permitir uma melhor visualização do novo conceito de sistemas elétricos com GD, apresenta-se na Figura 3 duas imagens: (TREVISAN, 2011)

a) o que se conhece como sistema elétrico tradicional, com a geração, a transmissão, a distribuição e o consumo da energia facilmente separáveis e identificáveis; e

b) um sistema elétrico ‘moderno’ já com a operação em paralelo de outras fontes de geração conectadas no nível dos consumidores.

Figura 3 - a) Sistema elétrico tradicional e b) Sistema elétrico “moderno” com GD



Fonte: Trevisan (2011).

A partir do conceito de Geração Distribuída, podemos atribuir três vertentes: minigeração, microgeração e sistema de compensação de energia.

Desde o dia 15 de dezembro de 2012, as distribuidoras brasileiras estão aceitando a solicitação de acesso de microgeradores e minigeradores distribuídos que utilizem o sistema de compensação, como visto anteriormente, esta condição foi estabelecida na Resolução Normativa nº 482, que definiu os conceitos de microgeração e minigeração distribuída e sistema de compensação, além dos critérios mínimos de conexão às distribuidoras. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

No sistema de compensação, também conhecido como *net metering*, um consumidor de energia elétrica instala pequenos geradores em sua unidade consumidora (como, por exemplo, painéis solares fotovoltaicos ou pequenas turbinas eólicas) e a energia gerada é usada para abater o consumo de energia elétrica da unidade. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

Os consumidores poderão injetar a energia excedente produzida pelos geradores na rede elétrica e com isso receberão uma compensação, em kWh, da distribuidora por essa energia. Ou seja, será pago, a cada mês, somente o valor da diferença entre a energia consumida da rede pública e o que foi gerado e injetado na rede. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

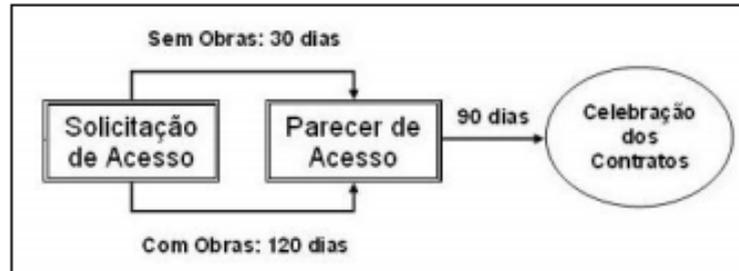
Entretanto, a conta de luz não será igual a zero, pois os consumidores residenciais e de propriedades rurais (grupo B) terão de pagar um custo de disponibilidade, e os consumidores comerciais e industriais com maior carga (grupo A) terão de arcar com o custo da demanda contratada - demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de conexão, conforme valor e período de vigência fixados em contrato e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW) - nos meses em que a geração for igual ou maior que o consumo da rede. Mesmo que a energia não seja utilizada, existe o custo mínimo da concessionária para pagar a infraestrutura necessária para levar a energia até o consumidor final. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

Nos meses em que a quantidade de energia gerada for maior que o consumo, o saldo positivo poderá ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário, em outra unidade consumidora (desde que as duas unidades estejam na mesma área de concessão e sejam do mesmo titular) ou ainda na fatura do mês subsequente. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

Os créditos de energia gerados são válidos por 36 meses, expirado o prazo, perde-se o direito sobre eles, que serão revertidos em prol da modicidade das tarifas de energia elétrica. Por essa razão, o ideal é dimensionar a central para gerar no máximo a quantidade de energia que for consumida ao longo de um ano. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

Para ter esta compensação, a seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST disciplina os procedimentos para acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição, contemplando as etapas para solicitação de acesso, bem como critérios técnicos, operacionais, de projeto, operação, manutenção, segurança, contratação e medição. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

Figura 4 - Etapas de acesso obrigatórias para consumidores livres e especiais e centrais geradoras solicitantes de registro



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2009c).

Neste caso, o proprietário da central geradora é quem deverá solicitar à distribuidora local o acesso à rede. Entre os documentos necessários estão o projeto executivo, as obras civis e de montagem, o comissionamento das instalações de conexão e a solicitação à distribuidora para a realização de vistoria para efetivar a conexão. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

Conforme art. 4º da Resolução Normativa nº 482/2012, a assinatura de contratos de uso e conexão na qualidade de central geradora não se aplica a unidades consumidoras com micro ou minigeração distribuída que participar do sistema de compensação de energia elétrica. A assinatura de contratos de uso e conexão é indispensável para a central geradora que não participar do sistema de compensação de energia elétrica da distribuidora (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012c)

Além dos requisitos burocráticos, existem diversas variáveis envolvidas na conexão física da GD à rede, o que leva a necessidade de uma análise mais profunda e complexa de planejamento e operação para que sejam atendidas as características estabelecidas pelas agências reguladoras e fiscalizadores do setor elétrico. (CARDOSO, 2009)

No caso dos micros sistemas de geração, como micro centrais hidrelétricas e geradores fotovoltaicos, a energia é produzida em corrente contínua. Para esta situação existe a necessidade de inversores adequados para a conexão do gerador à rede elétrica convencional, que atendam aos critérios técnicos estabelecidos pela legislação ou pela concessionária. (CARDOSO, 2009)

De acordo com o Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996, os agentes geradores Produtor Independente de Energia e Autoprodutor têm livre acesso aos sistemas de distribuição para a interconexão de geradores próprios. A forma de conexão pode ocorrer de duas maneiras

diferentes: paralelismo momentâneo e paralelismo permanente e transferência automática Rede/Gerador. (CARDOSO, 2009)

No paralelismo momentâneo há o acoplamento entre duas fontes de energia para permitir a transferência de carga entre elas, no caso, o gerador distribuído e a rede da concessionária. Para ocorrer o acoplamento, dispositivos do sistema têm a função de sincronizar e compatibilizar as grandezas elétricas entre as duas fontes. A conexão é mantida por tempo necessário para que o gerador assuma a carga alimentada pela rede e desligue o disjuntor da rede ou então para que devolva a mesma para a rede e desligue o disjuntor do gerador na ocasião de retorno da alimentação pela concessionária. Neste processo não há interrupção no atendimento às cargas. (CARDOSO, 2009)

Já no paralelismo permanente há também o acoplamento entre o gerador e a rede de distribuição na qual as grandezas elétricas são sincronizadas e compatibilizadas. A diferença para a conexão descrita anteriormente é que os disjuntores da rede e do gerador permanecem fechados durante o período de funcionamento do gerador. Desta forma, a GD pode assumir toda ou parte que lhe cabe alimentar, mantendo-se em tal condição até que seja dado o comando para o gerador devolver a carga à rede e haver a abertura do disjuntor do gerador. Neste processo também não ocorre nenhum tipo de interrupção às cargas durante o acoplamento e o desacoplamento do disjuntor do gerador. (CARDOSO, 2009)

No método de transferência automática Rede/Gerador, que é isolado, não há paralelismo entre o gerador e a rede, ou seja, os sistemas não operam em conjunto. Durante a transferência da carga entre as fontes ocorre uma pequena interrupção na alimentação das cargas. O processo de transferência da carga da rede para o gerador dura em média de 10 a 15 segundos, e o retorno da carga para a concessionária em um intervalo médio de 100 a 200 milissegundos. Nessas condições, os motores em movimento conectados ao sistema, por não receberem energia, geram tensão. Assim, no intervalo de transferência, a energia elétrica percorre o circuito em sentido inverso, contrapondo à fornecida pela fonte que assume a carga, podendo provocar perturbações no sistema e até queima de equipamentos. (CARDOSO, 2009)

Quando se conecta centrais geradoras na distribuição também é necessária a instalação de um sistema de proteção de seus equipamentos contra condições anormais de operação. Para centrais geradoras que se enquadrarem no conceito de micro ou minigeração distribuída, as proteções mínimas necessárias são aquelas estabelecidas na tabela abaixo. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009c)

Figura 5 - Proteções mínimas em função da potência instalada

EQUIPAMENTO	Potência Instalada		
	< 10 kW	10 kW a 500 kW ⁽⁴⁾	> 500 kW ⁽⁴⁾
Elemento de desconexão ⁽¹⁾	Sim	Sim	Sim
Elemento de interrupção ⁽²⁾	Sim	Sim	Sim
Transformador de acoplamento	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim ⁽³⁾	Sim ⁽³⁾	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência	Sim ⁽³⁾	Sim ⁽³⁾	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente	Não	Não	Sim
Proteção contra desbalanço de tensão	Não	Não	Sim
Sobrecorrente direcional	Não	Não	Sim
Sobrecorrente com restrição de tensão	Não	Não	Sim

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2009c).

Notas:

- (1) Chave seccionadora visível e acessível que a acessada usa para garantir a desconexão da central geradora durante manutenção em seu sistema.
- (2) Elemento de desconexão e interrupção automático acionado por comando e/ou proteção.
- (3) Não é necessário relé de proteção específico, mas um sistema eletro-eletrônico que detecte tais anomalias e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de desconexão.
- (4) Nas conexões acima de 300 kW, se o lado da acessada do transformador de acoplamento não for aterrado, deve-se usar uma proteção de sub e de sobretensão nos secundários de um conjunto de transformador de potência em delta aberto.

2.2.1 Vantagens e Desvantagens

Uma vez apresentada as características da Geração Distribuída, instalada a central geradora de energia e atendido todos os itens de segurança, podemos começar a destacar as principais vantagens da Geração Distribuída:

- Contribuir para reduzir o impacto ambiental das casas, empresas ou indústrias, pois do ponto de vista ambiental, a GD permite uma elevada eficiência e reduzida emissão de poluentes, o melhor uso dos combustíveis tradicionais e a utilização da cogeração;
- Eliminar ou minimizar as perdas ocorridas na transmissão e distribuição;

- Quando o sistema não está consumindo, a energia gerada e injetada passa pela rede da distribuidora e é utilizada pelos vizinhos;
- Reduzir os investimentos para implementar novas centrais para satisfazer a ponta e para reservas do sistema de produção, pois com a GD as novas unidades produtoras podem ser implementadas de forma modular à medida que cresce a procura;
- Diminuir os riscos dos projetos, devido ao menor tamanho das unidades de produção e flexibilidade das soluções;
- A existência de reserva de geração distribuída permite um aumento da estabilidade do sistema elétrico;
- A geração distribuída tem um tempo de implementação menor, quando comparada à geração centralizada, logo permite uma resposta mais rápida ao crescimento da procura;
- As necessidades energéticas particulares dos usuários podem ser satisfeitas de forma personalizada;
- São abertas maiores oportunidades de comercialização, na medida em que locais que eram remotos e não tinham viabilidade de disporem de energia elétrica, poderão passar a ser alimentados, melhorando as condições locais da atividade econômica dessas zonas. (SANTOS, F. A.; SANTOS, F. M., 2008).

Além da quantidade relativa de vantagens, é possível também descrever algumas desvantagens, como:

- O planejamento e a operação do sistema elétrico ficam mais complexos;
- Existirá um aumento da complexidade administrativa, comercial e contratual;
- Aumentará a complexidade nos procedimentos, na realização de ações de manutenção e nas medidas de segurança a serem tomadas;
- Por vezes, existe uma diminuição do fator de utilização das instalações das concessionárias de transporte e distribuição, bem como de centrais produtoras, o que vai fazer com que exista uma tendência para aumentar o preço médio de fornecimento das mesmas;
- As entidades responsáveis pelas redes de transporte e distribuição precisam se equipar com ferramentas de análise para avaliação do impacto das fontes de geração distribuída, ligadas à rede, quer sob o ponto de vista de fiabilidade de fornecimento, quer estabilidade de operação e qualidade de tensão. Muitas destas fontes são não

despacháveis, logo de operação variável, sujeitas à flutuação de suprimento de energia primária como a do vento, da radiação solar e a hídrica. Neste sentido, as entidades de transporte e distribuição têm todo o interesse no desenvolvimento de aplicações de análise de impacto das variadas fontes de geração distribuída na rede de distribuição. (SANTOS, F. A.; SANTOS, F. M., 2008).

Para isso, antes da instalação é necessário determinar se a geração distribuída é a melhor opção para uma dada aplicação e que tipo de geração distribuída aplicar, neste caso, requer objetividade no projeto, uma análise detalhada e uma compreensão clara das prioridades em questão. (ALMADA, 2010)

Em outros casos, a combinação de geração distribuída com a centralizada pode ser uma boa opção (Ex: geradores de emergência para a falta de fornecimento e ou limitação dos picos ou da ponta pedida à rede). Mas também existem locais remotos, isolados, em que a geração distribuída poderá ser a única alternativa econômica disponível. (ALMADA, 2010)

Geralmente aplica-se GD quando estamos perante as seguintes situações:

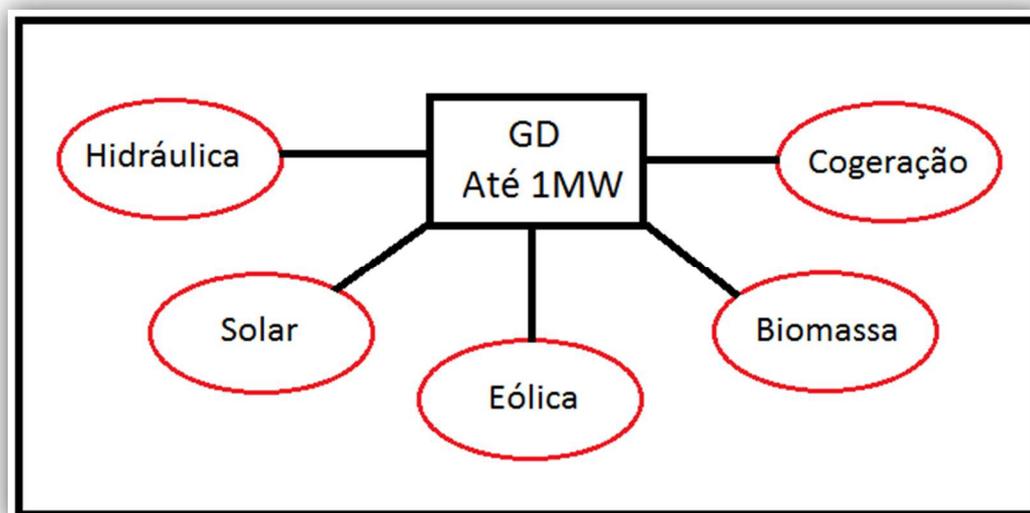
- Em zonas rurais e isoladas, onde existem encargos fixos consideráveis de transporte e distribuição de energia e onde investimentos iniciais em sistemas de rede são muitos dispendiosos e antieconômicos. A GD, como já foi referida, pode oferecer um baixo investimento inicial, bem como baixos custos de funcionamento.
- Em zonas urbanas desenvolvidas, onde a rede tem dificuldade para responder a novas solicitações de carga, em que o custo de reforço da rede é muito elevado, podendo a geração distribuída ser um investimento mais rentável.
- Em locais onde, devido a um conjunto de fatores, o preço fornecido pelo(s) comercializador(es) de energia da rede local é muito elevado, a geração distribuída poderá fornecê-la a menor custo e com níveis de qualidade em termos de fiabilidade semelhante ao sistema tradicional.
- Para consumidores que precisam de níveis altos de qualidade no fornecimento de energia, relacionada com a ausência de interrupções no fornecimento ou fiabilidade (“power reliability”) e ou na qualidade da onda (“power quality”), onde os parâmetros característicos devem estar muito próximos dos valores nominais que os definem (frequência, sistema de tensões polifásico equilibrado e simétrico e formas de onda sinusoidais). Os consumidores com este tipo de necessidades de qualidade estão dispostos a pagá-la e a geração distribuída faz frequentemente parte

da solução mais econômica para responder às suas necessidades específicas. (SANTOS, 2013)

2.3 FONTES DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica, utilizando as fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012c)

Figura 6 - Geração Distribuída e as suas fontes de energia



Fonte: Elaboração do autor (2013).

Logo, será realizada uma breve descrição do comportamento de cada uma das fontes citadas anteriormente, destacando as suas principais características.

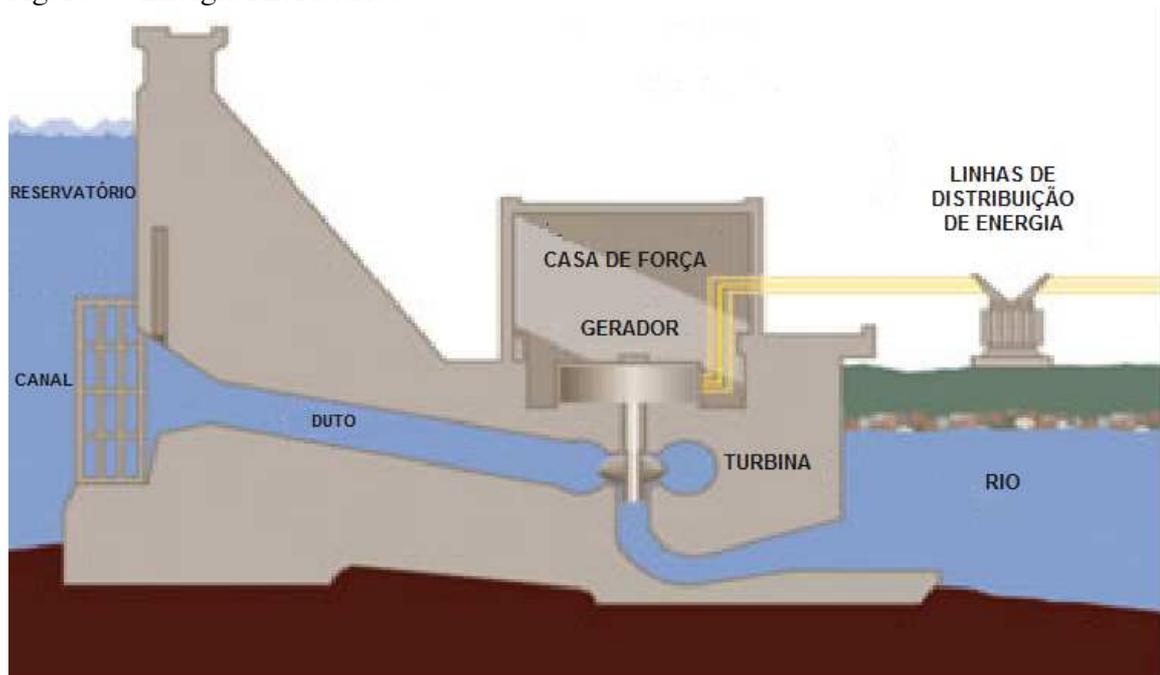
2.3.1 Energia Hidráulica

Para produzir a energia hidrelétrica é necessário integrar a vazão do rio, a quantidade de água disponível em determinado período de tempo e os desníveis do relevo, sejam eles naturais, como as quedas d'água, ou criados artificialmente. A energia hidrelétrica é gerada pelo aproveitamento do fluxo das águas em uma usina na qual as obras civis – que

envolvem tanto a construção quanto o desvio do rio e a formação do reservatório – são tão ou mais importantes que os equipamentos instalados. (DORÇA, 2009)

A estrutura da usina é composta, basicamente, por barragem, sistema de captação e adução de água, casa de força e vertedouro, que funcionam em conjunto e de maneira integrada. (DORÇA, 2009)

Figura 7 - Energia Hidrelétrica



Fonte: Dorça (2009).

A barragem tem por objetivo interromper o curso normal do rio e permitir a formação do reservatório. Além desta função, permite a formação do desnível necessário para a configuração da energia hidráulica, a captação da água em volume adequado e a regularização da vazão dos rios em períodos de chuva ou estiagem. (DORÇA, 2009)

Algumas usinas hidroelétricas são chamadas “a fio d’água”, ou seja, próximas à superfície e utilizam turbinas que aproveitam a velocidade do rio para gerar energia. Essas usinas fio d’água reduzem as áreas de alagamento e não formam reservatórios para estocar a água, com isso, diminui a capacidade de armazenamento de água, única maneira de poupar energia elétrica para os períodos de seca. (DORÇA, 2009)

Os sistemas de captação e adução são formados por túneis, canais ou dutos metálicos que têm a função de levar a água até a casa de força. É nesta instalação que estão as turbinas, formadas por uma série de pás ligadas a um eixo conectado ao gerador. Durante o seu

movimento giratório, as turbinas convertem a energia cinética (do movimento da água) em energia elétrica por meio dos geradores que produzirão a eletricidade. (DORÇA, 2009)

Depois de passar pela turbina, a água é restituída ao leito natural do rio pelo canal de fuga. Os principais tipos de turbinas hidráulicas são: Pelton, Kaplan, Francis e Bulbo. Cada turbina é adaptada para funcionar em usinas com determinada faixa de altura de queda e vazão. (DORÇA, 2009)

As turbinas hidráulicas apresentam uma grande variedade de formas e tamanhos. O modelo mais utilizado é o Francis, uma vez que se adapta tanto aos locais com baixa queda quanto aos locais de alta queda. Como trabalha totalmente submerso, seu eixo pode ser horizontal ou vertical. Entre outros modelos de turbinas hidráulicas, destacam-se o Kaplan, adequado aos locais de baixa queda (10 m a 70 m), e o Pelton, mais apropriado aos locais de elevada queda (200 m a 1.500 m). A turbina tipo Bulbo é usada nas usinas fio d'água por ser indicada para baixas quedas e altas vazões, não exigindo grandes reservatórios. (DORÇA, 2009)

Por último, há o vertedouro. Sua função é permitir a saída da água sempre que os níveis do reservatório ultrapassam os limites recomendados. Uma das razões para a sua abertura é o excesso de vazão ou de chuva ou ainda pela existência de água em quantidade maior que a necessária para o armazenamento ou a geração de energia. Em períodos de chuva, o processo de abertura de vertedouros busca evitar enchentes na região de entorno da usina. (DORÇA, 2009)

A potência instalada determina se a usina é de grande ou médio porte ou uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). A ANEEL adota três classificações: Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH, com até 1 MW de potência instalada), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH, entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada) e Usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW). (Banco de Informações de Geração, 2013)

No Brasil, atualmente, o Banco de Informações de Geração (BIG) da ANEEL, aponta 1085 empreendimentos de fonte Hidráulica em operação, correspondendo 85.654.258 kW instalados. (Banco de Informações de Geração, 2013)

2.3.2 Energia Solar

A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. (BRASIL, 2013)

O aproveitamento da iluminação natural e do calor para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo, decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se, com isso, as necessidades de iluminação e aquecimento. Assim, um melhor aproveitamento da radiação solar pode ser feito com o auxílio de técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção. (BRASIL, 2013)

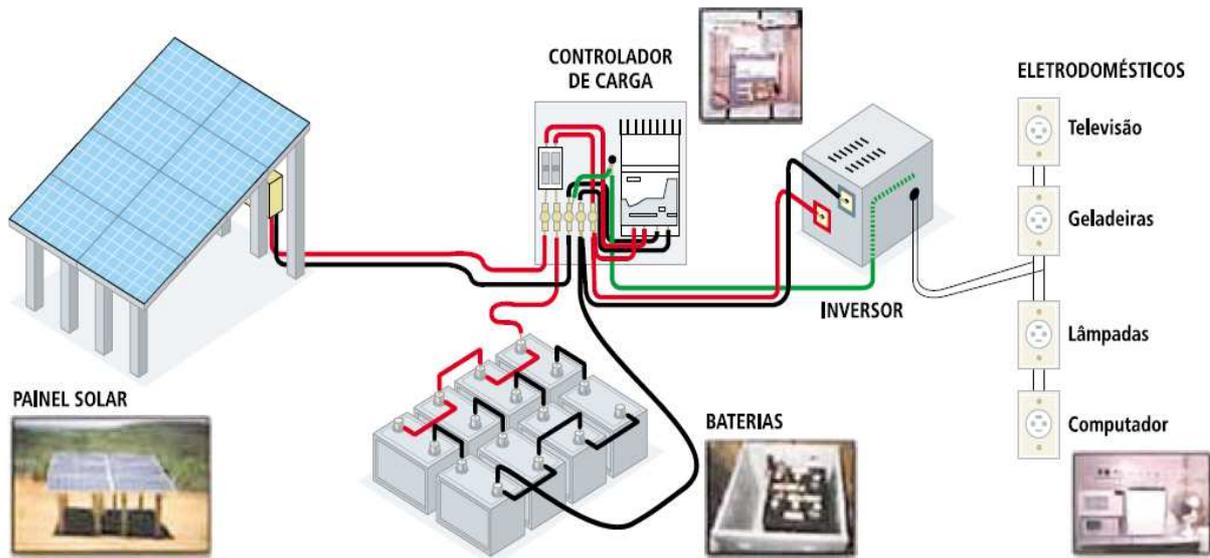
Para o aquecimento de água, o sistema funciona da seguinte forma: tem-se uma caixa d'água com água fria, que passa pelo reservatório e circula por placas sob o sol para aquecer. A água quente naturalmente sobe para o boiler novamente para armazenagem e em seguida segue para o consumo. (BRASIL, 2013)

O aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos é feito com o uso de coletores solares. Os coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais (hotéis, restaurantes, clubes, hospitais etc.) para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes). Os concentradores solares destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos e a produção de vapor. Neste último caso, pode-se gerar energia mecânica com o auxílio de uma turbina a vapor, e, posteriormente, eletricidade, por meio de um gerador. (BRASIL, 2013)

Por outro lado, para a geração de potência elétrica, o gerador fotovoltaico é o dispositivo capaz de converter a radiação solar diretamente em eletricidade, usando uma característica intrínseca do material que o constitui. Esta conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares. (BRASIL, 2013)

O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia). Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células comerciais apresentam um índice de eficiência de 25%. (BRASIL, 2013)

Figura 8 - Energia Solar



Fonte: BRASIL (2013).

Entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica. No Brasil, o primeiro é mais encontrado nas regiões Sul e Sudeste, devido a características climáticas, e o segundo, nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades isoladas da rede de energia elétrica. O BIG da ANEEL, aponta 34 empreendimentos de fonte Fotovoltaica em operação, correspondendo 2.772 kW instalados. (Banco de Informações de Geração, 2013)

Uma das restrições técnicas à difusão de projetos de aproveitamento de energia solar é a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, o que torna necessário o uso de grandes áreas para a captação de energia em quantidade suficiente para que o empreendimento se torne economicamente viável. (BRASIL, 2013)

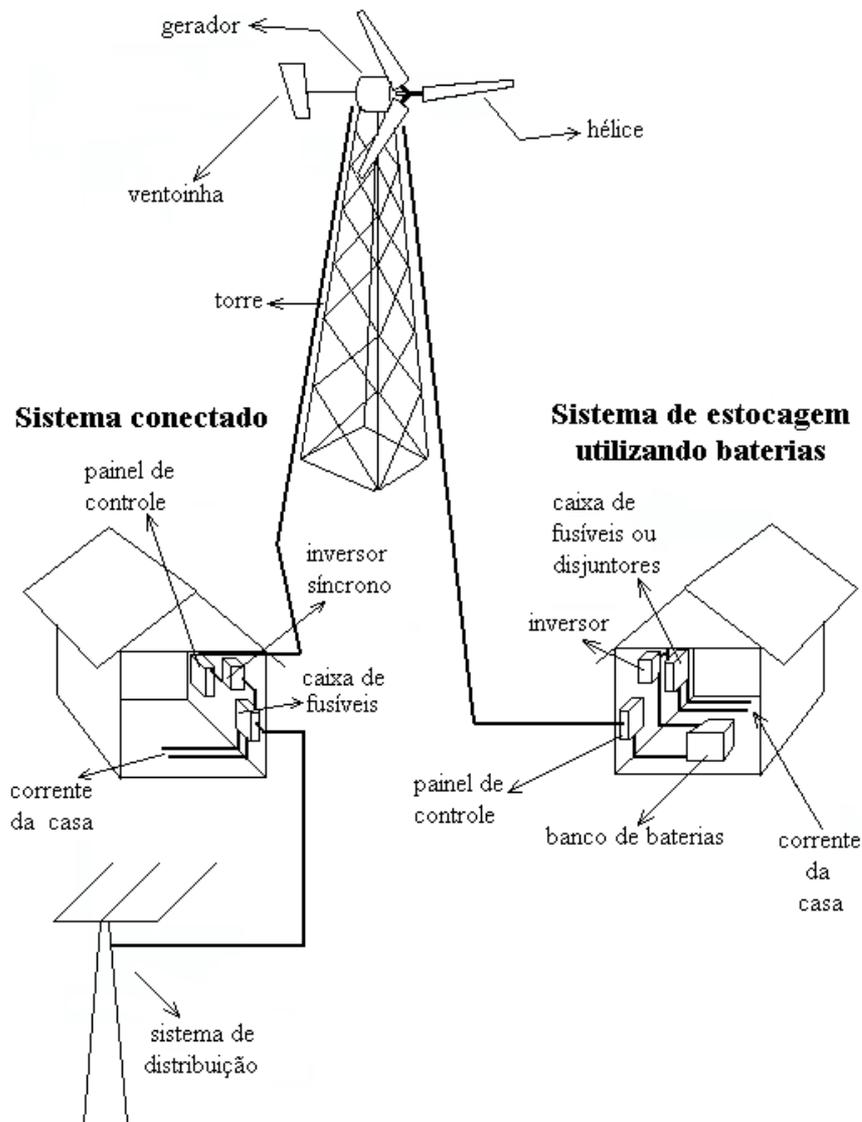
2.3.3 Energia Eólica

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores para a geração de eletricidade. (GUIMARÃES, 2003)

Os geradores eólicos produzem eletricidade a partir da captação da energia cinética do vento, através de pás que ficam no topo das estruturas e fazem girar um eixo, este por sua

vez transfere a rotação para um gerador elétrico, que por fim produz a eletricidade. (CARDOSO, 2009)

Figura 9 - Energia Eólica



Fonte: Guimarães (2003).

No Brasil, atualmente, o BIG da ANEEL, aponta 103 empreendimentos de fonte Eólica em operação, correspondendo 2.137.372 kW instalados. (Banco de Informações de Geração, 2013)

O potencial eólico brasileiro é favorecido, tanto na presença de vento quanto na pequena oscilação da velocidade, o que dá maior segurança na previsão da energia a ser produzida. Outra característica é que a velocidade do vento costuma ser maior em período de estiagem. Assim, as usinas eólicas podem operar em complementaridade às usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de pouca chuva. (CARDOSO, 2009)

A geração de energia elétrica por meio de turbinas eólicas constitui uma alternativa para diversos níveis de demanda. As pequenas centrais podem suprir pequenas localidades distantes da rede, contribuindo para o processo de universalização do atendimento. Quanto às centrais de grande porte, estas têm potencial para atender uma significativa parcela do SIN. (GUIMARÃES, 2003)

Esta fonte de energia apresenta importantes ganhos, podendo citar o pequeno impacto ambiental dos aerogeradores, pois não há emissão de poluente durante a geração de energia; curto período de construção; pequena ocupação do terreno, que pode ser aproveitado para outras atividades simultaneamente, ou seja, diminui a necessidade da construção de grandes reservatórios e reduzindo o risco gerado pela sazonalidade hidrológica; e capacidade de serem adaptados sob medida a usos e localizações específicas. (GUIMARÃES, 2003)

Alguns itens negativos apontados para essa tecnologia são: ruídos dos rotores que variam de acordo com as especificações dos equipamentos; acidentes com aves e alteração de suas rotas de migração; e interferência eletromagnética, que pode afetar o desempenho de sistemas de telecomunicação, dependendo do material utilizado nas pás. (GUIMARÃES, 2003)

Este tipo de sistema necessita de espaços amplamente abertos e velocidades específicas de vento, assim, é importante que haja estudos da geografia local como relevo, vegetação e interações térmicas entre a superfície da terra e a atmosfera, pois suas características interferem na densidade do ar, na intensidade, na direção e na velocidade do vento. (GUIMARÃES, 2003)

2.3.4 Energia Biomassa

É a energia gerada por meio da decomposição de materiais orgânicos (esterco, restos de alimentos, resíduos agrícolas que produzem o gás metano, é utilizado para a geração de energia). Para fazê-la são utilizados materiais como sobra de serragem, vegetais e frutas, bagaço de cana e alguns tipos de esgotos. (CAMARGO, 2013)

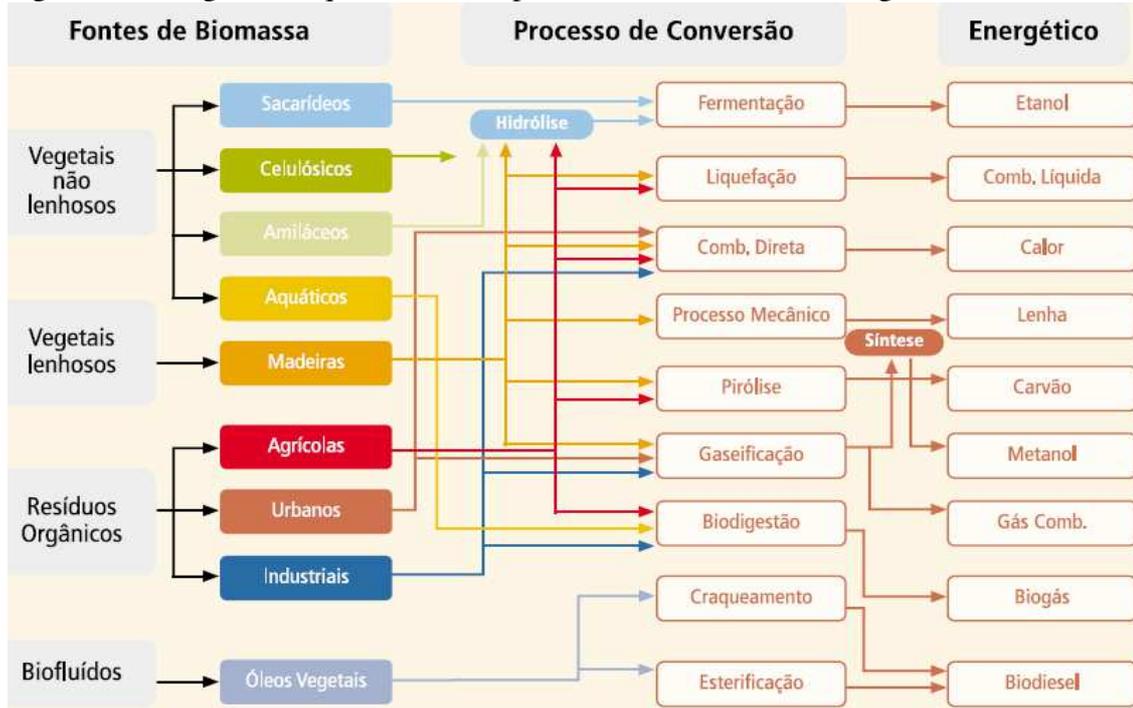
Existem várias formas para obtenção da energia elétrica a partir da biomassa. Todas dependem da conversão da matéria-prima em um produto intermediário que será utilizado em uma máquina motriz. Essa máquina produzirá a energia mecânica que acionará o gerador de energia elétrica. (CAMARGO, 2013)

O aproveitamento da biomassa pode ser feito por meio da combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra etc.), de processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou de

processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação). (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

A Figura 10 apresenta os principais processos de conversão da biomassa em energéticos e as principais tecnologias de aproveitamento energético da biomassa são descritas a seguir. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

Figura 10 - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2013).

A combustão é a transformação da energia química dos combustíveis em calor, por meio das reações dos elementos constituintes com o oxigênio fornecido. Para fins energéticos, a combustão direta ocorre essencialmente em fogões, fornos e caldeiras. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

A gaseificação é um processo de conversão de combustíveis sólidos em gasosos tendo como principais produtos o hidrogênio e o monóxido de carbono, utilizados na geração de energia e indústria química. Há vários tipos de gaseificadores, com grandes diferenças de temperatura e/ou pressão. Os mais comuns são os reatores de leito fixo e de leito fluidizado. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

A pirólise ou carbonização é o mais simples e mais antigo processo de conversão de um combustível (normalmente lenha) em outro de melhor qualidade e conteúdo energético (carvão, essencialmente). O processo consiste em aquecer o material original (normalmente

entre 300°C e 500°C), na “quase-ausência” de ar, até que o material volátil seja retirado. O principal produto final (carvão) tem uma densidade energética duas vezes maior que aquela do material de origem e queima em temperaturas muito mais elevadas. Além de gás combustível, a pirólise produz alcatrão e ácido piro-lenhoso. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

A digestão anaeróbia, assim como a pirólise, ocorre na ausência de ar, mas, nesse caso, o processo consiste na decomposição do material pela ação de bactérias. Trata-se de um processo simples, que ocorre naturalmente com quase todos os compostos orgânicos. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

Fermentação desintegra a biomassa através de um processo biológico anaeróbio para que se forme uma mistura contendo metano e dióxido de carbono. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

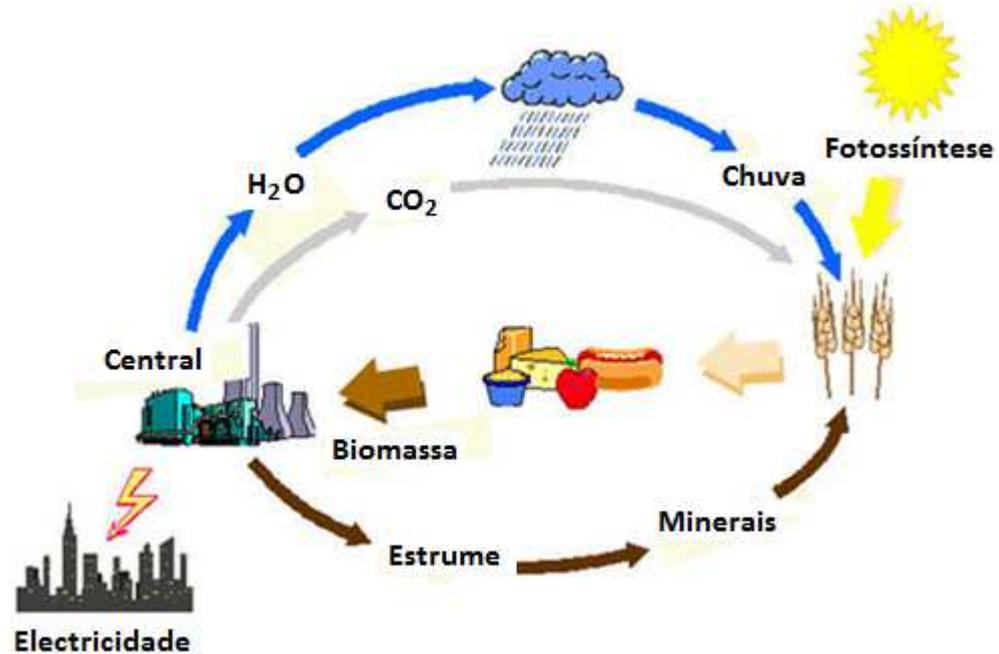
Transesterificação é um processo químico que consiste na reação de óleos vegetais com um produto intermediário ativo, oriundo da reação entre álcoois (metanol ou etanol) e uma base (hidróxido de sódio ou de potássio). (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

Há formas também de produção de substâncias líquidas a partir de um material que seja vegetal. Pode ser feita de duas maneiras: conversão biológica, onde os açúcares da cana são transformados de bactérias em etanol. Já a conversão térmica ocorre quando o material vegetal se decompõe sem o oxigênio e sob um forte calor. Nesse processo, pode ocorrer a produção de combustíveis líquidos e gasosos. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

Uma característica importante reside no fato de a energia de biomassa ser renovável e garante o fornecimento de energia, além de auxiliar na diminuição do CO₂ na atmosfera. Além disso, há uma utilização do lixo na produção, diminuindo a quantidade de dejetos nos aterros. A bioenergia pode ser convertida em três produtos: eletricidade, calor e combustíveis. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

A partir da biomassa temos uma diversificação da matriz energética e a conseqüente redução da dependência dos combustíveis fósseis, pois dela é possível obter energia elétrica e biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013)

Figura 11 - Energia Biomassa



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2013).

No Brasil, atualmente, o BIG da ANEEL, aponta 472 empreendimentos de fonte Biomassa em operação, correspondendo 11.245.482 kW instalados. (Banco de Informações de Geração, 2013)

2.3.5 Cogeração

A Resolução Normativa da ANEEL nº 235/2006 define cogeração como o processo de produção combinada de calor útil e energia mecânica, geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia química disponibilizada por um ou mais combustíveis. Este conceito difere um pouco da cogeração qualificada, que é o atributo concedido a cogeneradores que atendem os requisitos definidos nesta mesma resolução, segundo aspectos de racionalidade energética, para fins de participação nas políticas de incentivo à cogeração. (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006b)

Para fins de enquadramento na modalidade de cogeração qualificada, a central geradora deverá estar regularizada perante ANEEL, deverá preencher os requisitos mínimos de racionalidade energética, mediante o cumprimento das inequações a seguir: (BARJA, 2006)

$$\frac{Et}{Ef} \geq 15\%$$

$$\frac{Et}{Ef} \div X + \frac{Ee}{Ef} = \geq Fc\%$$

Notas:

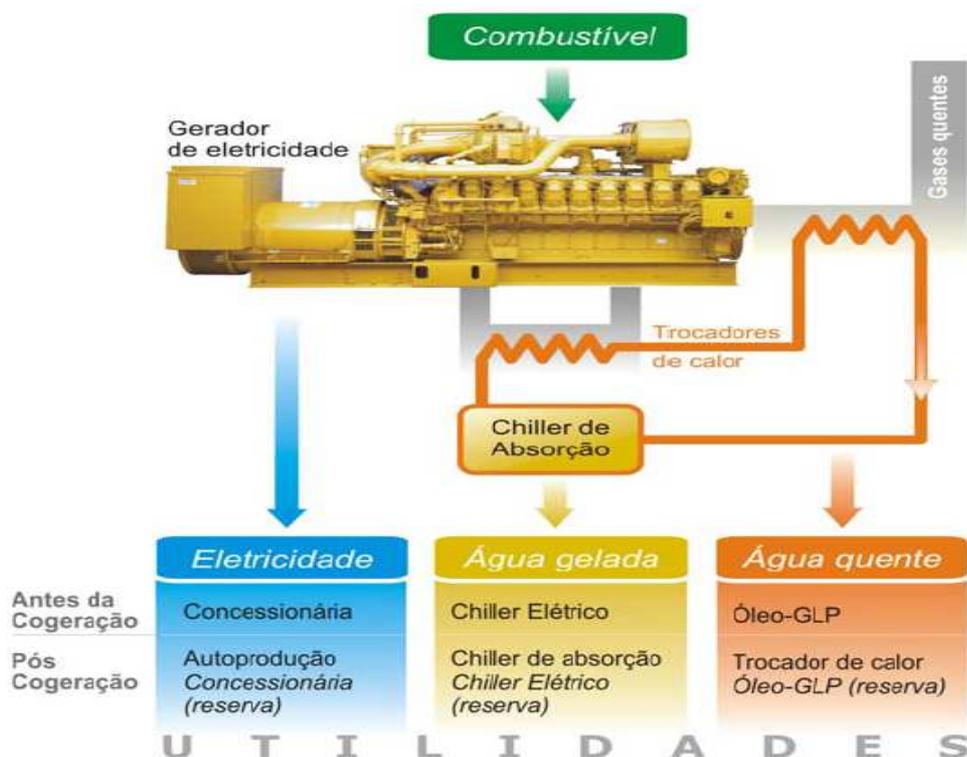
- (1) Energia da fonte (Ef): energia recebida pela central termelétrica cogeneradora, no seu regime operativo médio, em kWh/h, com base no conteúdo energético específico, que no caso dos combustíveis é o Poder Calorífico Inferior (PCI);
- (2) Energia da utilidade eletromecânica (Ee): energia cedida pela central termelétrica cogeneradora, no seu regime operativo médio, em kWh/h, em termos líquidos, ou seja, descontando da energia bruta gerada o consumo em serviços auxiliares elétricos da central;
- (3) Energia da utilidade calor (Et): energia cedida pela central termelétrica cogeneradora, no seu regime operativo médio, em kWh/h, em termos líquidos, ou seja, descontando das energias brutas entregues ao processo as energias de baixo potencial térmico que retornam à central;
- (4) Fator de cogeração (Fc %): parâmetro definido em função da potência instalada e da fonte da central termelétrica cogeneradora, o qual se aproxima do conceito de Eficiência Energética;
- (5) Fator de ponderação (X): parâmetro adimensional definido em função da potência instalada e da fonte da central termelétrica cogeneradora, obtido da relação entre a eficiência de referência da utilidade calor e da eletromecânica, em processos de conversão para obtenção em separado destas utilidades.

A geração termelétrica implica necessariamente a produção de calor residual, que pode ser aproveitado, ainda que parcialmente, por meio da cogeração. Essa tecnologia consiste da produção simultânea e sequencial de energia térmica e energia elétrica a partir do uso de um combustível convencional (gás natural, óleo combustível, diesel e carvão) ou algum tipo de resíduo industrial (cavaco de madeira, bagaço de cana, casca de arroz, dentre outros). Podem-se citar como pontos atrativos desse tipo de empreendimento os ganhos de eficiência em determinados processos, aumento da qualidade da energia, disseminação de geração distribuída, autossuficiência de suprimento e redução de impactos ambientais. (BARJA, 2006)

As utilidades produzidas em uma central de cogeração são a energia térmica (vapor, água quente e água gelada) e a energia eletromecânica (acionamentos mecânicos e energia elétrica). A energia mecânica pode ser transformada em eletricidade por meio de geradores. A energia térmica pode ser utilizada como fonte de calor em um processo industrial. Essas

utilidades podem ser consumidas no local da planta ou adjacente a mesma, na grande maioria dos casos, sendo que a única que propicia seu consumo remoto a grandes distâncias é a energia elétrica. (BARJA, 2006)

Figura 12 - Utilidades da cogeração



Fonte: Trevisan (2011).

Além de opção importante de geração distribuída de energia elétrica, a cogeração é uma forma de racionalização do uso de recursos naturais e de redução de impactos socioambientais negativos, particularmente em decorrência da emissão de gases. Além da geração de energia mecânica e elétrica, a recuperação de calor residual pode ser destinada a sistemas de aquecimento de fluidos, climatização de ambientes, geração de vapor e secagem de produtos agrícolas. (BARJA, 2006)

Existem duas formas de cogeração em relação à sequência de geração. Uma delas é a geração eletromecânica e depois térmica (*topping*) e a outra é o inverso (*bottoming*). (BARJA, 2006)

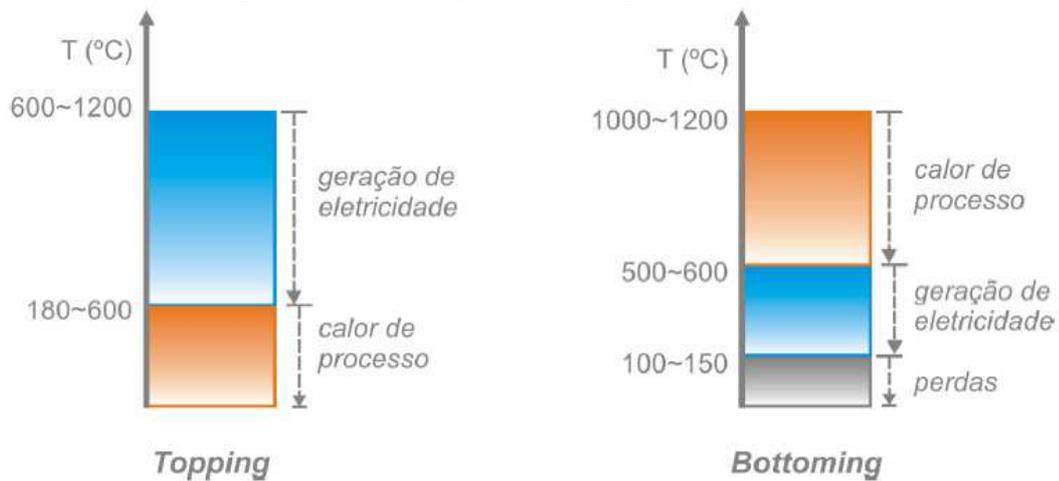
Topping é o primeiro aproveitamento da energia disponibilizada pelo combustível, que se dá para a geração de energia eletromecânica (altas temperaturas), e, em seguida, para o aproveitamento de calor útil. (BARJA, 2006)

Quando o combustível é queimado em um gerador de vapor que é utilizado para gerar potência em um turbo gerador e o calor rejeitado pela turbina é empregado no processo produtivo, temos a configuração *topping*. (BARJA, 2006)

Bottoming é o primeiro aproveitamento da energia disponibilizada pelo combustível se dá para o aproveitamento de calor útil a elevadas temperaturas, e em seguida para a geração de energia eletromecânica. (BARJA, 2006)

A indústria cimenteira, por exemplo, utiliza esta configuração, através da qual o calor primeiramente aquece uma fornalha e o calor residual de baixa temperatura é utilizado para gerar eletricidade. (BARJA, 2006)

Figura 13 - Configurações Topping e Bottoming

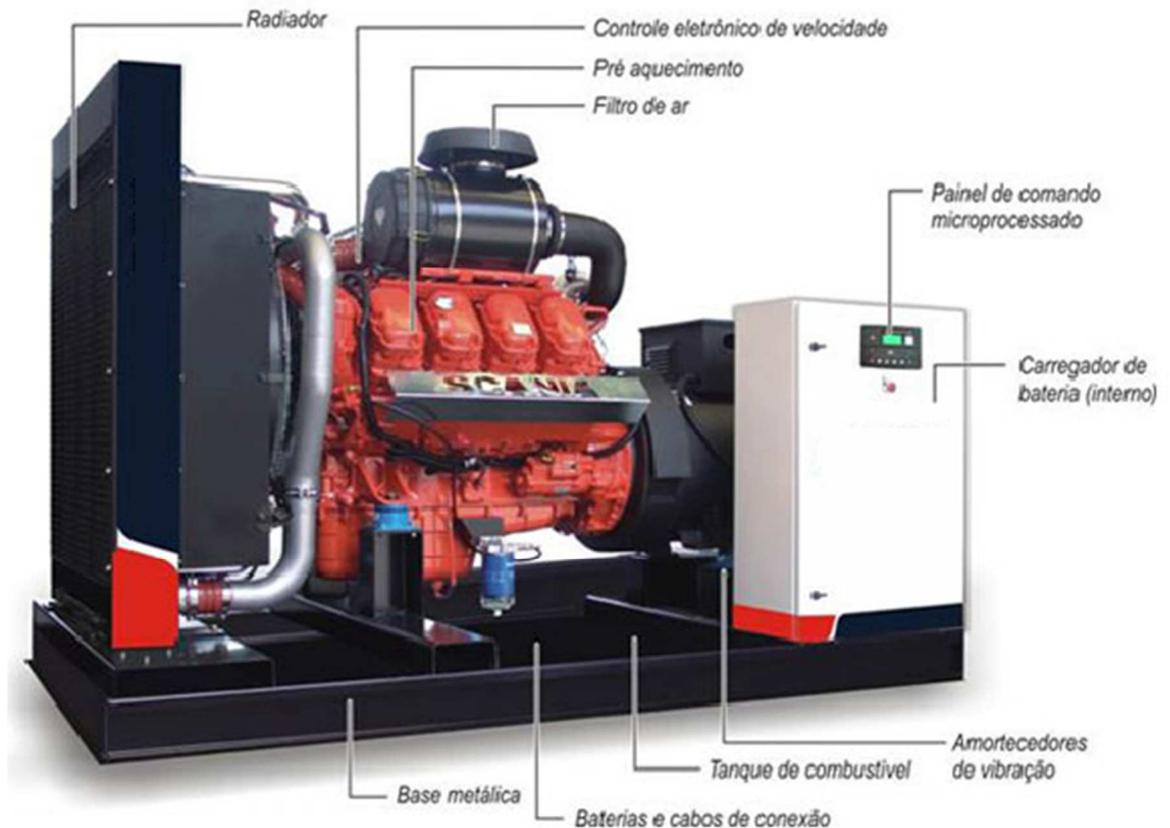


Fonte: Barja (2006).

2.4 O GRUPO GERADOR

Os grupos geradores são utilizados para conversão de energia mecânica em energia elétrica e são constituídos por um gerador, acionado por motor de combustão, sendo este alimentado por combustível (óleo diesel, gás natural, biogás e outros). (PEREIRA, 2013)

Figura 14 - Grupo Gerador



Fonte: Cummins (2013)

Os grupos geradores são utilizados como fonte principal ou como fonte auxiliar de energia elétrica, pois geram energia confiável e limpa (dependendo do gerador), ou seja, podem ser utilizados como um complemento há um sistema já existente de rede elétrica ou como uma fonte de energia “fora da rede”, dependendo das necessidades do usuário, por exemplo, quando a rede elétrica é inacessível durante uma queda de energia, o gerador pode fornecer energia para as necessidades de uma localidade. (PEREIRA, 2013)

Normalmente são encontrados em hospitais e outras indústrias que dependem de uma fonte estável de energia, bem como em áreas rurais, onde não há acesso à eletricidade

comercialmente gerada para proporcionar uma fonte estável de energia elétrica para um usuário doméstico ou empresarial. (PEREIRA, 2013)

Além das utilidades citadas os grupos geradores também possuem diversas aplicações como na utilização em indústrias pesadas, supermercados, shopping centers, hospitais de campanha, grandes eventos anuais onde não pode faltar energia. (PEREIRA, 2013)

Frequentemente, um grupo gerador gera mais energia do que é efetivamente consumido e este pode ser encaminhado de volta para a rede de abastecimento, um processo conhecido como medição inversa. (CUMMINS, 2013)

Para este processo acontecer, o projeto de instalação de um grupo gerador exige uma série de avaliações a respeito dos requisitos dos equipamentos e sua instalação. Estes requisitos variam dependendo dos motivos para a instalação do grupo gerador. Uma avaliação e a clara compreensão destes motivos representam um ponto de partida adequado para o projeto do sistema e a escolha correta dos equipamentos. (CUMMINS, 2013)

A necessidade da instalação de um sistema de geração local de energia elétrica resulta de uma grande variedade de requisitos específicos, como iluminação, energia para sistemas de controle, transporte, sistemas mecânicos, aquecimento, refrigeração e produção, por exemplo.

Os sistemas de geração local de energia podem ser classificados conforme o tipo e classe do equipamento de geração. Um equipamento, se utilizado para geração de energia, pode ser classificado como “standby”, “prime” ou “contínua”. (CUMMINS, 2013)

Para os sistemas de emergência, os grupos geradores são instalados, por imposição legal e em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelos departamentos de segurança pública. (CUMMINS, 2013)

Os sistemas de energia “standby” destinam-se ao fornecimento de energia e iluminação por curtos períodos de tempo, onde necessário, para evitar acidentes ou facilitar as operações de combate a incêndios e em locais em que a falta de energia pode causar perdas de negócios, perdas de receita, interrupção de processos críticos, causar inconveniências ou desconfortos. (CUMMINS, 2013)

Os sistemas de energia “prime” utilizam a geração local de energia ao invés de utilizar a energia fornecida pela rede pública em áreas onde os serviços da empresa distribuidora de energia não estejam disponíveis. Um sistema simples de energia “prime” utiliza pelo menos dois grupos geradores e uma chave comutadora para transferir a energia para as cargas conectadas a eles. Um dos grupos geradores funciona continuamente, com uma carga variável, enquanto o outro serve como reserva para o caso de eventuais quedas de energia, bem como,

para permitir o desligamento do primeiro grupo gerador para trabalhos de manutenção. (CUMMINS, 2013)

Há também os sistemas para operação durante picos de consumo de energia que permitem utilizar a geração local de energia elétrica durante os picos de consumo, de modo a reduzir ou nivelar o consumo da eletricidade proveniente da rede pública durante estes períodos, com o objetivo de economizar dinheiro durante os picos de demanda de energia. Este tipo de sistema precisa de um controlador que dê a partida e acione o grupo gerador local nos momentos apropriados, para nivelar os picos de demanda do usuário. (CUMMINS, 2013)

As instalações para a redução de custos no consumo de energia utilizam a geração local de energia elétrica em conformidade com os contratos de preços de energia mantidos com a empresa distribuidora de energia elétrica. Geralmente, em troca de preços mais favoráveis para a energia da rede pública, o usuário concorda em utilizar os geradores e contrata uma quantidade específica de carga (kW) por períodos de tempo determinados pela concessionária. E, normalmente, não podendo exceder um determinado limite de horas por ano. (CUMMINS, 2013)

As instalações para fornecimento de uma “carga básica contínua” utilizam a geração local de energia elétrica para um consumo constante de potência (kW). Em geral, estas instalações são de propriedade das empresas de distribuição energia elétrica ou estão sob seu controle. Frequentemente, os equipamentos para geração de uma “carga básica contínua” podem ter seu uso estendido para uma modalidade denominada cogeração. (CUMMINS, 2013)

A cogeração, neste caso, corresponde ao uso simultâneo da energia elétrica produzida em um grupo gerador, assim como, o uso do calor irradiado pelo escapamento. O calor irradiado pelo escapamento (que é normalmente desperdiçado) é recapturado e utilizado diretamente para aquecimento, ou então, é convertido em eletricidade. (CUMMINS, 2013)

Além de verificar os motivos para a instalação do grupo gerador, a escolha do tipo de combustível (gás natural, diesel ou GLP) irá influenciar diretamente na disponibilidade e o dimensionamento do equipamento. (CUMMINS, 2013)

O diesel é recomendado para uso "de emergência" e “standby” e o seu projeto de instalação deve conter um local específico para o armazenamento do diesel que pode ser armazenado por um período de até dois anos. Por este motivo o tanque de suprimento deve ser dimensionado para permitir o reabastecimento de combustível com base na programação de uso. (CUMMINS, 2013)

O biodiesel, que também pode ser utilizado para alimentar os grupos geradores, é obtido de uma grande variedade de fontes renováveis, tais como, óleos vegetais, gorduras

animais e óleos de cozinha. Normalmente, quando utilizada em motor diesel, a emissão de fumaça, a potência e a economia de consumo são reduzidas. Embora a emissão de fumaça seja reduzida, o efeito em outras emissões pode variar, ou seja, pode haver a redução de alguns poluentes e o aumento de outros. O biodiesel é um combustível alternativo, portanto, uma mistura dos combustíveis diesel e biodiesel, em uma proporção inferior a 5% do volume. Suas recomendações de uso e planejamento seguem os mesmos padrões do Diesel comum. (CUMMINS, 2013)

O gás natural, para a maioria das instalações, não deve ser armazenamento no local. Esta fonte de energia pode ser uma opção econômica de combustível, contanto que esteja disponível nos valores de fluxo e pressão exigidos para o grupo gerador. (CLAUDIO, 2013)

O gás natural “bruto”, captado diretamente de sua fonte natural, pode ser utilizado por alguns grupos geradores. Entretanto, é necessário que sejam feitas análises deste combustível, assim como, o fabricante do motor deve ser consultado para determinar se afetará a potência ou se a composição deste combustível poderá causar danos ao motor devido à fraca combustão, detonação ou corrosão. (CLAUDIO, 2013)

Os motores a gás natural requerem tubulações limpas e secas, gás de qualidade para gerar a potência nominal e assegurar uma vida útil ideal ao motor. (CUMMINS, 2013)

Para optar por um grupo gerador com motor abastecido por GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), deverá ser investigada a disponibilidade local do combustível, além disso, devem ser tomadas providências para o armazenamento. (CUMMINS, 2013)

Para utilização em climas frios, o tanque de armazenamento de GLP deve ser dimensionado de modo a fornecer a taxa necessária de evaporação mesmo na mais baixa temperatura ambiente esperada. Caso isso não seja possível, deverá ser providenciada a retirada de líquido com um aquecedor de vaporização. (CUMMINS, 2013)

Os grupos geradores, independentemente da aplicação, podem estar sujeitos às normas de controle de emissões de escape do motor em nível local, nacional, ou ambos. A conformidade com as normas de emissões geralmente requer permissões especiais. Certas localidades podem ter normas específicas exigindo o uso de motores alimentados a gás ou estratégias de pós-tratamento dos gases de escape para motores diesel. Ainda na fase inicial de qualquer projeto de instalação, é necessário verificar junto ao órgão municipal de controle da qualidade do ar as normas existentes de controle de emissões de poluentes. (CUMMINS, 2013)

Muitas oportunidades estão sendo criadas para as empresas distribuidoras de energia e para os consumidores, principalmente as mudanças na regulamentação do setor de geração e distribuição de energia, assim como, maior rigidez nas normas de proteção ambiental

forçam as empresas distribuidoras procurar formas alternativas de produção e distribuição ao invés da construção de novas usinas de geração. Estas alternativas, para atender ao aumento da demanda, incluem o corte nos picos de consumo e contratos com tarifas reduzidas para o incentivo na redução de consumo em períodos de alta demanda utilizando os grupos geradores. (SANTOS, F. A.; SANTOS, F. M., 2008).

Conforme indicado por Fernando Antônio e por Fernando Miguel, as formas de produção de energia de menor dimensão são englobadas no conceito de geração distribuída que pode incluir várias formas de produção de energia elétrica, quer sejam de fontes renováveis ou não, inclusive o uso do Grupo Gerador.

Um exemplo prático é descrito por Nivaldo Silva e Antônio Francisco, no qual apresentam a energia produzida a partir dos dejetos suínos que pode movimentar um gerador de energia, e, conseqüentemente, pode alimentar todos os equipamentos elétricos e a gás de uma propriedade.

A suinocultura é uma atividade desenvolvida principalmente em pequenas propriedades rurais, no qual o desenvolvimento de tecnologias para o tratamento e utilização dos dejetos como matriz energética é o grande desafio para as regiões com alta concentração de suínos. (SILVA; FRANCISCO, 2010)

Os dejetos gerados pelos suínos que antes corriam a céu aberto e contaminavam o rio, foram canalizados e são encaminhados para o biodigestor. O biodigestor é um tanque protegido do contato com o ar atmosférico, onde a matéria orgânica é metabolizada por bactérias anaeróbias (que se desenvolvem em ambiente sem oxigênio). Nesse processo, obtêm-se como subprodutos o biogás, o biofertilizante e um efluente mineralizado. O biogás (metano) tem uma infinidade de aplicações, pode abastecer desde fogões domésticos até gerar energia elétrica, ou seja, é o processo mais viável para conversão dos dejetos dos suínos em energia térmica ou elétrica. (SILVA; FRANCISCO, 2010)

O sistema começa quando o motor fornece energia mecânica para o gerador que está acoplado a ele. Esse gerador transforma a energia mecânica em energia elétrica. A vantagem do gerador em sincronismo com a rede está no fato de que, para o mesmo produzir energia, a rede deve estar energizada e a energia é produzida na mesma frequência, o que permite ser disponibilizada na rede da concessionária local sem prejuízo técnico para o sistema. (SILVA; FRANCISCO, 2010)

A energia gerada é distribuída na rede interna e esta está ligada à rede da concessionária de energia. A propriedade consome entre 60% à 70% da energia gerada, quando o motor está funcionando e não atende ao consumo de energia, a rede da concessionária fornece

a energia deficitária. Quando existe excedente de energia, a mesma é repassada a rede da concessionária. (SILVA; FRANCISCO, 2010)

3 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Na presente pesquisa, abordaram-se elementos relevantes para análise, discussão, reflexão, planejamento e implantação de infraestruturas com perspectivas voltadas à Geração Distribuída. Foi possível realizar o levantamento referente à regulamentação aplicável a esta tecnologia e perceber que somente em 17 de abril de 2012 ela foi realmente reconhecida na Resolução Normativa nº 482 da ANEEL.

Nesta resolução, definem-se quais são os tipos de Geração Distribuída, que são eles: minigeração, microgeração e o sistema de compensação de energia, além das fontes de energia envolvidas: hidrelétrica, eólica, solar, biomassa e cogeração.

A produção descentralizada permite, em certas aplicações, reduzir o investimento necessário e aumentar a eficiência do sistema, bem como as perdas na transmissão. O mercado tende a favorecer os sistemas pequenos, modulares, pelo fato de serem tecnologias de fácil instalação quando estamos perante situações de evolução de cargas e se torna necessário o reforço das instalações existentes.

Para isso, uma nova fonte pode ser avaliada e utilizada como Geração Distribuída: o Grupo Gerador. Isto porque ele pode ser utilizado por qualquer unidade consumidora, e não apenas por empresas com condições para sustentar usinas de grande porte, e o combustível utilizado pode ser renovável. Além disso, em caso de excedente na geração de energia, o equipamento poderia ser conectado na rede comercial para participar do sistema de compensação de energia e, dependendo da sua capacidade e instalação, poderia ser classificado como mini ou microgeração.

Este estudo acarretou em uma série de novas possibilidades de pesquisa, como destacadas abaixo:

- Avaliar novas fontes de energia para incluir na legislação aplicável à Geração Distribuída,
- Estudar os aspectos para inclusão da Geração Distribuída como programa estratégico para o desenvolvimento do país;
- Estudar os impactos da inserção da Geração Distribuída na rede comercial de energia;
- Estudar a viabilidade e o contexto da Geração Distribuída em casos específicos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Missão**. Disponível em: <<http://www.ANEEL.gov.br/area.cfm?idArea=635&idPerfil=4>>. Acesso em: 29 jul. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 467, de 6 de dezembro de 2011**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2011467.pdf>> Acessado em: 10 de agosto de 2013.

ALMADA, Janaína B. **Análise de impactos e soluções na integração da Geração Distribuída ao Sistema Elétrico**. 2010. 45 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Parte II - Fontes Renováveis: Biomassa**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf> Acessado em: 28 de setembro de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST**. Aprovação em 15 dez 2009, pela Resolução Normativa nº 395 / 2009c. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=82>> Acessado em: 10 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 77, de 18 de agosto de 2004**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2004077.pdf>> Acessado em: 3 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 157, de 9 de maio de 2005a**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2005157.pdf>> Acessado em: 3 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 271, de 3 de julho de 2007**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2007271.pdf>> Acessado em: 3 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 481, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012481.pdf>> Acessado em: 3 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 167, de 10 de outubro de 2005b**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2005167.pdf>> Acessado em: 3 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 228, de 25 de julho de 2006a**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2006228.pdf>> Acessado em: 3 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 284, de 16 de outubro de 2007**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2007284.pdf>> Acessado em: 4 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 235, de 14 de novembro de 2006b**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2005167.pdf>> Acessado em: 4 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 247, de 21 de dezembro de 2006c**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2006247.pdf>> Acessado em: 4 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 349, de 13 de janeiro de 2009a**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009349.pdf>> Acessado em: 4 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 390, de 15 de dezembro de 2009b**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009390.pdf>> Acesso em: 4 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 395, de 15 de dezembro de 2009c**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009395.pdf>> Acessado em: 4 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>> Acessado em: 4 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 499, de 3 de julho de 2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012499.pdf>> Acessado em: 10 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>> Acessado em: 10 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 517, de 11 de dezembro de 2012d**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>> Acessado em: 10 de agosto de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 548, de 07 de maio de 2013**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2013548.pdf>> Acessado em: 11 de agosto de 2013.

ARRUDA, Luiz F. Condicionamento de energia e grupos geradores. **Revista O Setor Elétrico**, Santa Cecília, n. 82, p. 92-196, nov. 2012. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/guias_setoriais/Ed82_pesquisa_condicionamento_geradores.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2013.

BARJA, Gabriel. **A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico**. 2006. 58 f. Dissertação de mestrado em Ciências Mecânicas-Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO. Capacidade de Geração do Brasil.

Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>
Acessado em: 12 de agosto de 2013.

BRASIL. Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996b. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2003.htm> Acessado em: 27 de julho de 2013.

BRASIL. Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004c. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.HTM> Acessado em: 27 de julho de 2013.

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Disponível em: <

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10438.HTM> Acessado em: 27 de julho de 2013.

BRASIL. Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004a. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.847.HTM> Acessado em: 27 de julho de 2013.

BRASIL. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004b. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.848.HTM> Acessado em: 27 de julho de 2013.

BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996a. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19427cons.htm> Acessado em: 27 de julho de 2013.

CALABRÓ, Leonardo. Geração Distribuída (GD). Disponível em:

<<http://www.cogen.com.br>>. Acesso em: 23 ago. 2013.

CAMARGO, João C. Geração Distribuída de Energia Elétrica. Disponível em:

<<http://www.hytron.com.br/site>>. Acesso em: 23 ago. 2013.

CARDOSO, Gracieli S. Uma visão crítica do cenário da Geração Distribuída no Brasil.

2009. 135 f. Dissertação (Pós-Graduação em Energia)-Universidade Federal do ABC, Santo André, 2009.

CLAUDIO, José. Diesel ou gás natural? Disponível em:

<http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/Diesel_versus_gas.html> Acessado em: 15 de nov. 2013.

COSTA, Heitor S. A hora e a vez da geração distribuída de eletricidade. Disponível em:

<<http://www.ihu.unisinos.br/noticias/516614-a-hora-e-a-vez-da-geracao-distribuida-de-eletricidade?tmpl=component&print=1&page=>>>. Acesso em: 02 ago. 2013.

CUMMINS. Engenharia de Aplicações: Manual de aplicações para Grupos Geradores arrefecidos a água. Disponível em:

<<http://www.cumminspower.com.br/pdf/engenharia/T030Portugu%C3%AAs.pdf>> Acessado em: 12 de novembro de 2013.

DORÇA, Daniel A. **Uma contribuição à alocação de Geração Distribuída: a inserção de PCHs com máquinas síncronas nos sistemas rurais de média tensão.** 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

ESPINDOLA, Bruno F; DEMORO, Luciano P. **SMART GRID: Os primeiros passos para implantação do conceito no Brasil.** 2012. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica)-Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2012.

FILHO, Aymoré C. A. **Geração Distribuída com Fontes Renováveis: situação Atual e expectativas.** Disponível em: < [http:// www.ANEEL.gov.br](http://www.ANEEL.gov.br)>. Acesso em: 15 ago. 2013.

GODOI, Mauricio. **Geração Distribuída: uma década depois, o fim da inércia.** Disponível em: < <http://www.canalenergia.com.br>>. Acesso em: 12 ago. 2013.

GUIMARÃES, Angela C. S. L. **Estratégias de Controle de Sistemas de Geração Eólica com Máquinas de Indução.** 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é Geração distribuída?** Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp> Acessado em: 02 de agosto de 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Estudo e propostas de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas.** Disponível em: <<http://www.BRASIL.gov.br/BRASIL>>. Acesso em: 01 ago. 2013.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **O que é o SIN - Sistema Interligado Nacional.** Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx> Acessado em: 02 de agosto de 2013.

PAULILLO, Gilson. et al. **Estudo da qualidade de Energia Elétrica em Sistemas de Geração Distribuída - Célula a Combustível.** Disponível em: <<http://www.seeds.usp.br/pir/arquivos/congressos/CLAGTEE2003/Papers/RNCSEP%20B-258.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2013.

PEREIRA, José C. **Motores e Geradores: Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de Grupos Diesel geradores.** Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/diesel1.pdf>> Acesso em: 15 de out. 2013.

SANTOS, Fernando Antônio; SANTOS, Fernando Miguel. **Geração Distribuída versus Centralizada.** Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.19/350>> Acesso em: 28 jul. 2013.

SILVA, Nivaldo; FRANCISCO, Antônio. **Geração de Energia Elétrica a partir de dejetos suínos: um estudo de caso em uma propriedade rural na região oeste do estado do Paraná.** 2010. 18 f. Disponível em: <http://www.journalmailing.com/article/view/697/pt_BR/geracao-de-energia-eletrica-a-partir>

de-dejetos-suinos--um-estudo-de-caso-em-uma-propriedade-rural-na-regiao-oeste-do-estado-do-parana> Acessado em: 15 de nov. 2013.

TREVISAN, Aramis S. **Efeitos da Geração Distribuída em Sistemas de Distribuição de Baixa Tensão**. 2011. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.