

*UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS*

*JULIANO MACHADO*

***GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA  
BIOMASSA NO PARANÁ:  
Entraves para a conexão à rede de distribuição***

*MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO*

*CURITIBA*

*2016*

JULIANO MACHADO

**GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA  
BIOMASSA NO PARANÁ:  
Entraves para a conexão à rede de distribuição**

*Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.*

*Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria de Fátima dos Santos Ribeiro*

CURITIBA

2016

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

*JULIANO MACHADO*

### **GERAÇÃO DISTRIBUÍDA A PARTIR DA BIOMASSA NO PARANÁ: entraves para a conexão à rede de distribuição**

*Esta Monografia de Especialização foi apresentada no dia 05 de outubro de 2016, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energia Renováveis – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.*

---

*Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior*

*Coordenador de Curso de Especialização em Energias Renováveis*

---

*Prof. Dr. Paulo Cícero Fritzen*

*Chefe do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica*

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

*Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria de Fátima dos S. Ribeiro*  
*Orientadora - UTFPR*

---

*Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior*  
*UTFPR*

---

*Dr. Gustavo Rafael Collere Possetti*  
*SANEPAR*

*O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso*

*À minha filha Alice, que veio ao mundo este ano, na esperança que conheça um país mais ético e íntegro, um planeta mais sustentável e seres humanos mais conscientes e respeitosos ao meio ambiente.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Este trabalho não teria o direcionamento nem o embasamento adequados sem as importantes e fundamentais contribuições dos profissionais com quem interagi ao longo dessa pesquisa acadêmica. À Dr.<sup>a</sup> Maria de Fátima Ribeiro, orientadora desse trabalho, ao Eng. Júlio Omori da Copel Distribuição, ao Eng. Eduardo Saita da ATEC, à Alcopar representados pelo Eng. Ramón Villarreal e Sr. Altevir Batista, ao Eng. Gustavo Possetti da Sanepar, Eng. Marcos Machado da Landis+Gyr, Eng. Luiz Renato Pesch da Klabin S.A., a todos externo a minha profunda consideração e gratidão pelo suporte e atenção prestados, assim como pela disposição em sanar dúvidas.*

*À minha família, em especial ao meu irmão Marcelo, pelo permanente respaldo profissional na área de Engenharia Elétrica e quem agregou significativamente a esta pesquisa e à minha carreira profissional como um todo. Finalmente, à minha esposa e companheira Thais, pela cumplicidade, paciência, amor e apoio para superar os obstáculos da vida.*

## RESUMO

MACHADO, Juliano. **Geração distribuída de energia elétrica a partir da biomassa no Paraná: entraves para a conexão à rede de distribuição.** 2016. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Energias Renováveis – Programa de Pós-Graduação em Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

Os compromissos do Brasil com políticas sustentáveis, assinados recentemente na Convenção sobre Mudança do Clima de Paris em 2015, aceleram a transição energética no país: de fontes fósseis a fontes mais limpas de energia, como a biomassa. Particularmente, o Estado do Paraná possui representatividade agrícola de destaque nacional, com forte potencial em fontes de energias renováveis, sendo a biomassa da cana-de-açúcar, florestal e biogás a partir de resíduos urbanos e animais, as mais importantes fontes de bioeletricidade, podendo esta ser exportada ao Sistema Integrado Nacional. Porém, ao mesmo tempo em que este ambiente propicia a expansão da geração distribuída de energia elétrica no país, há potenciais entraves – de ordem técnica, econômica ou regulamentar – à conexão dos agentes produtores à rede de distribuição das concessionárias de energia. O presente estudo visa explorar esses entraves no ponto de conexão de usinas à biomassa paranaenses com a rede da concessionária local, e a consequente comercialização de energia excedente, com o foco principal nos requisitos de qualidade de energia gerada exigidos em normas. Alguns fatores de promoção da biomassa paranaense, como fonte de energia alternativa à diversificação da matriz energética brasileira, são também abordados, tendo como base alguns exemplos em campo, de agentes produtores de diferentes tipos de biomassa no Estado do Paraná. O resultado dessa análise mostrou que, embora as regras normativas conduzam a desafios, os entraves técnicos constatados na pesquisa não foram tão significativos quanto se esperava.

**Palavras-chave:** Energia elétrica. Biomassa. Geração distribuída. Bioeletricidade. Concessionárias.

## **ABSTRACT**

**MACHADO, Juliano. Power distributed generation from biomass in the state of Paraná: obstacles for the grid connection. 2016. 87 p. Term paper on Specialisation on Renewable Energies – Graduate Program on Electrical Engineering, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-Brazil, 2016.**

*Brazil's commitments to sustainable policies, recently signed at the Convention on Climate Change in Paris in 2015, drive the country's energy transition: from fossil to cleaner energy sources, such as biomass. Particularly the State of Paraná has a national significant role in agriculture, with important potential of renewable energies sources, especially the biomass from sugar cane, forests and biogas from municipal waste and animal manure, as important niche to export bioelectricity to the National Grid. However, even though these circumstances lead to an increase of power distributed generation in the country, there are some potential obstacles – for technical, financial or regulatory reasons – to the grid connection of the producers. The present study aims to explore these obstacles at the point of connection, faced from biomass producers from the State of Paraná, with the local utility, and the consequent trade of the surplus energy, focusing on the requirements of quality of generated energy, demanded on standards. Some 'insertion boosters' of biomass from the state of Paraná, as alternative energy source to the diversification of the Brazilian energy matrix, are also here addressed, based on some actual examples of rural producers of different types of biomass in the state of Paraná. The result of this study showed that, even though the actual Brazilian standards impose some challenges, the technical obstacles detected on this research were not as significant as expected.*

**Keywords:** *Electrical energy. Biomass. Distributed generation. Bioelectricity. Utilities.*

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	INSERÇÃO DAS DIFERENTES FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS AO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL .....	18
FIGURA 2 -	MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES PRODUTORAS DE ÁLCOOL E AÇÚCAR DO ESTADO DO PARANÁ.....	20
FIGURA 3 -	MAPA DOS PLANTIOS DE PINUS E EUCALIPTO NO PARANÁ ....	21
FIGURA 4 -	POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS POR MESORREGIÃO E DISTRIBUIÇÃO DESSE POTENCIAL POR ATIVIDADE .....	22
FIGURA 5 -	COMPLEMENTARIDADE ANUAL BIOMASSA - HIDRELÉTRICA.....	26
FIGURA 6 -	FLUXOGRAMA DAS NOVAS ROTAS PARA A PRODUÇÃO DO BIOGÁS.....	36
FIGURA 7 -	PROCEDIMENTOS E ETAPAS DE ACESSO PARA A MICRO E MINIGERAÇÃO .....	38
FIGURA 8 -	MODELO DE MEDIDOR ELETRÔNICO TIPO BIDIRECIONAL ...	49
FIGURA 9 -	MEDIÇÃO DE ENERGIA EM QUATRO QUADRANTES.....	49
FIGURA 10 -	ARRANJO DE CONEXÃO TIPO MINIGERAÇÃO COM POTÊNCIA INSTALADA ACIMA DE 500 KW.....	52
FIGURA 11 -	VISTA GERAL DA NOVA UNIDADE PUMA DA KLABIN, EM ORTIGUEIRA-PR.....	54
FIGURA 12 -	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UM REATOR TIPO UASB .....	55
FIGURA 13 -	EMPREENHIMENTO SANEPAR - UNIDADE ETE OURO VERDE, EM FOZ DO IGUAÇU-PR.....	56
FIGURA 14 -	VISTA GERAL DA UNIDADE SUCROALCOOLEIRA DE ALTO ALEGRE .....	58
FIGURA 15 -	UNIDADES GERADORAS N.º 1 E 2 DA USINA ALTO ALEGRE .....	59
FIGURA 16 -	VISTA DA SUBESTAÇÃO DE DESPACHO DAS UNIDADES 1 E 2 DA USINA ALTO ALEGRE.....	60
FIGURA 17 -	SMF DA USINA ALTO ALEGRE.....	61

<i>FIGURA 18 - MEDIDORES DE ENERGIA BIDIRECIONAIS.....</i>	<i>62</i>
<i>FIGURA 19 - PAINEL DE CONTROLE DO TURBOGERADOR E RELÉS DE PROTEÇÃO.....</i>	<i>63</i>
<i>FIGURA 20 - BAGAÇO DA CANA, PASSIVO AMBIENTAL REAPROVEITADO ENERGETICAMENTE.....</i>	<i>63</i>

## **LISTA DE GRÁFICOS**

<i>GRÁFICO 1 - ESTRATIFICAÇÃO DAS USINAS DE BIOMASSA NO PARANÁ, POR FONTE E POR PORTE - 2015.....</i>	<i>33</i>
<i>GRÁFICO 2 - ESTRATIFICAÇÃO DE POTÊNCIA FISCALIZADA A PARTIR DA BIOMASSA NO PARANÁ, POR FONTE E POR PORTE - 2015.....</i>	<i>35</i>

## **LISTA DE QUADROS**

<i>QUADRO 1 - TERMINOLOGIA PARA FLUTUAÇÃO DE TENSÃO.....</i>	<i>46</i>
<i>QUADRO 2 - AJUSTES DAS PROTEÇÕES DE SUB E SOBREFREQUÊNCIA.....</i>	<i>48</i>
<i>QUADRO 3 - RESUMO TÉCNICO UNIDADE GERADORA PUMA .....</i>	<i>54</i>
<i>QUADRO 4 - RESUMO TÉCNICO UNIDADE GERADORA ETE OURO VERDE.....</i>	<i>57</i>
<i>QUADRO 5 - RESUMO TÉCNICO UNIDADE GERADORA ALTO ALEGRE.....</i>	<i>64</i>

## **LISTA DE TABELAS**

<i>TABELA 1 - ESTRATIFICAÇÃO DAS USINAS DE BIOMASSA NO PARANÁ, POR FONTE E POR PORTE - 2015.....</i>	<i>32</i>
<i>TABELA 2 - ESTRATIFICAÇÃO DE POTÊNCIA FISCALIZADA A PARTIR DA BIOMASSA NO PARANÁ, POR FONTE E POR PORTE - 2015.....</i>	<i>34</i>
<i>TABELA 3 - VALORES DE REFERÊNCIA GLOBAIS DAS DISTORÇÕES HARMÔNICAS TOTAIS (EM PORCENTAGEM DA TENSÃO FUNDAMENTAL).....</i>	<i>43</i>
<i>TABELA 4 - NÍVEIS DE REFERÊNCIA PARA DISTORÇÕES HARMÔNICAS INDIVIDUAIS DE TENSÃO (EM PERCENTAGEM DA TENSÃO FUNDAMENTAL).....</i>	<i>44</i>
<i>TABELA 5 - VALORES DE REFERÊNCIA PARA A FLUTUAÇÃO DE TENSÃO ...</i>	<i>45</i>

## **LISTA DE SIGLAS**

<i>ANSI</i>	- <i>American National Standards Institute</i>
<i>CCEE</i>	- <i>Câmara de Comercialização de Energia Elétrica</i>
<i>CCEI</i>	- <i>Contrato de Comercialização de Energia Incentivada</i>
<i>COP21</i>	- <i>21.<sup>a</sup> Conference of the Parties 2015</i>
<i>EPE</i>	- <i>Empresa de Pesquisa Energética</i>
<i>FAEP</i>	- <i>Federação da Agricultura do Estado do Paraná</i>
<i>IAP</i>	- <i>Instituto Ambiental do Paraná</i>
<i>IEEE</i>	- <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
<i>iNDC</i>	- <i>Intended Nationally Determined Contribution</i>
<i>ITAI</i>	- <i>Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação</i>
<i>ONS</i>	- <i>Operador Nacional do Sistema</i>
<i>PIE</i>	- <i>Produtor Independente de Energia</i>
<i>PLT</i>	- <i>Severidade de Longa Duração</i>
<i>PST</i>	- <i>Severidade de Curta Duração</i>
<i>QEE</i>	- <i>Qualidade de Energia Elétrica</i>
<i>SFVCR</i>	- <i>Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede</i>
<i>SIN</i>	- <i>Sistema Interligado Nacional</i>
<i>UASB</i>	- <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>
<i>UNFCCC</i>	- <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>

## **LISTA DE ACRÔNIMOS**

- ALCOPAR - Associação de Produtores de Bioenergia do Estado do Paraná*
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica*
- CIBIO2016 - Congresso Internacional de Biomassa 2016*
- COPEL - Companhia Paranaense de Energia*
- PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional*
- RALF - Reatores Anaeróbios de Lodo e Fluxo Ascendente*
- SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná*
- SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas*
- SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial*
- TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná*
- TUSD - Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1 TEMA DE PESQUISA.....	18
1.2 DELIMITAÇÃO CONTEXTUAL E GEOGRÁFICA DO TEMA.....	19
1.3 PREMISSAS E PROBLEMAS DE PESQUISA.....	22
1.4 OBJETIVOS.....	23
1.4.1 Objetivo Geral.....	23
1.4.2 Objetivos Específicos.....	24
1.5 JUSTIFICATIVA.....	24
1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	27
1.7 EMBASAMENTO TEÓRICO.....	27
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO</b> .....	31
2.1 O POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOELETRICIDADE A PARTIR DA BIOMASSA NO PARANÁ.....	31
2.2 ACESSADAS: EXIGÊNCIAS TÉCNICAS DE CONEXÃO À REDE.....	37
2.2.1 Aspectos de Segurança.....	39
2.2.2 Aspectos de Qualidade de Energia Elétrica (QEE).....	41
2.2.2.1 Nível de tensão eficaz em regime permanente.....	42
2.2.2.2 Distorções harmônicas.....	42
2.2.2.3 Desequilíbrio de tensão.....	45
2.2.2.4 Flutuação de tensão.....	45
2.2.2.5 Variação de tensão de curta-duração.....	46
2.2.2.6 Fator de potência.....	47
2.2.2.7 Variação de frequência.....	47
2.2.3 Aspectos do Sistema de Medição e Faturamento (SMF).....	48
2.3 ACESSANTES.....	52
2.3.1 Unidade geradora 'Puma' - Klabin.....	53
2.3.2 Unidade geradora "ETE Ouro Verde" - Sanepar.....	55
2.3.3 Unidade geradora de "Alto Alegre" – Alto Alegre S.A.....	57
<b>3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	65
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	70

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO A - QUESTIONÁRIO E LISTA DE PROFISSIONAIS</b>	
<b>ENTREVISTADOS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO B - SÍNTESE DOS ENTRAVES E INCENTIVOS DETECTADOS NO</b>	
<b>TRABALHO.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO C - CAPACIDADE DE GERAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ –</b>	
<b>LISTA DE USINAS A BIOMASSA EM OPERAÇÃO .....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO D - TABELA DE CÓDIGOS ANSI PARA RELÉS DE PROTEÇÃO.....</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

*Em dezembro de 2015 foi sediada na cidade de Paris a 21.<sup>a</sup> Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC). Nesse evento mais de 150 chefes de Estado se reuniram para chegar a um acordo internacional sobre o clima e propor meios para limitar o aumento da temperatura média no planeta a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (NAÇÕES UNIDAS, 2015, p.2). O acordo, oficialmente assinado no dia 22 de abril de 2016, estabelece os compromissos de cada país participante em iniciativas urgentes para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e no investimento em políticas sustentáveis, dentre elas o desenvolvimento de energias renováveis.*

- Reconhecendo a necessidade urgente de melhorar a provisão apoio financeiro, tecnológico e de desenvolvimento de capacidades pelos países desenvolvidos, de uma maneira previsível, para permitir o reforço da ação pré-2020 por países em desenvolvimento,*
- Enfatizando os benefícios duradouros de uma ação ambiciosa e prévia, incluindo grandes reduções no custo dos futuros esforços de mitigação e adaptação,*
- Tomando conhecimento da necessidade de promover o acesso universal à energia sustentável em países em desenvolvimento, por meio da implantação reforçada das energias renováveis,*
- Concordando em defender e promover a cooperação regional e internacional de modo a mobilizar a ação climática mais forte e mais ambiciosa de todos os interessados, sejam estes Partes ou não, incluindo a sociedade civil, o setor privado, as instituições financeiras, cidades e outras autoridades subnacionais, comunidades locais e povos indígenas. (NAÇÕES UNIDAS, 2015, p.2).*

*Ao percorrer as linhas desse acordo mundial, percebe-se uma cooperação mútua e internacional em busca do desenvolvimento sustentável e da desaceleração do aquecimento global, na qual países desenvolvidos contribuem financeiramente em prol dos países em desenvolvimento e de seus desafios climáticos, inclusive com transferência de tecnologias (NAÇÕES UNIDAS, 2015). Cada país, por sua vez, engaja-se perante o Secretariado da UNFCCC a cumprir suas respectivas responsabilidades, fixadas durante a Convenção e oficializadas por meio da 'Contribuição Nacionalmente Determinada' (intended Nationally Determined Contribution – iNDC).*

*Dentre as diversas áreas de atuação mencionadas na iNDC do Brasil, em particular, destacam-se os comprometimentos voltados ao setor energético, com vistas para 2030.*

*Em conformidade com a visão de longo prazo de conter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, o Brasil envidará esforços para uma transição para sistemas de energia baseados em fontes renováveis e descarbonização da economia mundial, no contexto do desenvolvimento sustentável e do acesso aos meios financeiros e tecnológicos necessários para essa transição. [...] no setor da energia, alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030, expandir o uso de fontes renováveis, além da energia hídrica, na matriz total de energia para uma participação de 28% a 33% até 2030; expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis (além da energia hídrica) **no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, inclusive pelo aumento da participação de eólica, biomassa e solar.** (iNDC Brasil – Informação Adicional, p. 1-3, grifo do autor).*

*O Brasil não pode, portanto, procrastinar a sua meta de reversão energética, de fontes fósseis poluentes a fontes alternativas. Conseqüentemente, a fim de acompanhar essa transição, os órgãos competentes brasileiros se viram obrigados a adequar rapidamente suas normas e resoluções visando regularizar a inserção dessas novas fontes ao sistema elétrico nacional (ANEEL, 2016a). A Resolução Normativa 482 da ANEEL de 2012 (RN 482/2012), os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) e seus Módulos estabelecem o acesso da "Geração Distribuída" ao sistema, cuja definição no Módulo 1 do PRODIST (2016) consiste em centrais geradoras (tais como painéis solares fotovoltaicos, turbinas eólicas, usinas de biomassa) conectadas em paralelo com a rede de distribuição local, e a energia elétrica gerada, por sua vez, sendo despachada ao Sistema Interligado Nacional (SIN).*

*É nesse conceito de "Geração Distribuída", juntamente com os conceitos de dois subníveis mais específicos estabelecidos pela RN 482/2012, o da micro e minigeração distribuída, que este trabalho será fundamentado.*

## 1.1 TEMA DE PESQUISA

A partir da leitura mais criteriosa das normas, suas revisões, procedimentos, módulos, resoluções e diretrizes, como as apresentadas no capítulo "Introdução" e as quais regem o acesso dos agentes geradores à rede de distribuição elétrica local, constatam-se os diversos requisitos técnicos e administrativos, estabelecidos pelos organismos competentes (distribuidoras de energia, a ANEEL, o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, o Ministério de Minas e Energia etc.). A Figura 1 ilustra que, diante de um quadro social favorável à inserção das diversas fontes renováveis, contrapõem-se os obstáculos técnicos estabelecidos em normas pelos órgãos reguladores e que os agentes geradores devem confrontar para que a energia elétrica, gerada por sua conta e risco, possa ser injetada de forma segura, regulamentada e de qualidade, na rede da concessionária, e que essa possa despachá-la no SIN.

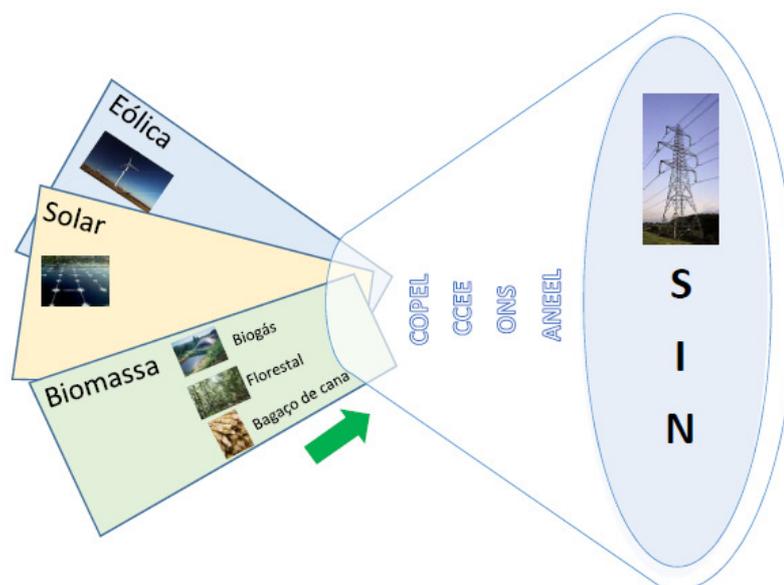


Figura 1 - Inserção das diferentes fontes de energias renováveis ao Sistema Interligado Nacional  
Fonte: Autoria própria.

Concomitantemente à busca da adequação técnica, há o fator econômico do empreendimento de geração, relacionado não somente à aquisição de equipamentos como também ao investimento inicial tendo em vista a viabilidade de comercialização da energia.

*Para analisar com mais propriedade esses possíveis entraves técnico-econômicos, optou-se nesse trabalho por concentrar o estudo na fonte biomassa, por ser uma fonte energética abundante no Paraná, tendo em vista a relevância da produção agropecuária e florestal para a economia do Estado.*

## 1.2 DELIMITAÇÃO CONTEXTUAL E GEOGRÁFICA DO TEMA

*Conforme estudos apresentados por Guevara (2015), a geração de energia a partir da biomassa residual é parte de uma dinâmica e complexa cadeia energética, na qual a interação entre seus diversos agentes e segmentos, desde a produção de insumos até o subsetor de transformação, pode influenciar o produto final. O intuito não é percorrer os entraves individuais de cada setor, mas sim delimitar-se apenas ao último segmento dessa cadeia, ou seja, o da transformação e do fornecimento do 'produto energia elétrica' à rede da concessionária, e aos entraves a ele inerentes. Subentende-se, portanto, que o produtor garantiu em suas instalações à montante os insumos, motores, caldeiras, maquinários suficientemente ajustados para que a cogeração se torne economicamente viável. A delimitação do estudo no entorno do ponto de conexão é justificada por se tratar de um ponto 'gargalo', a fronteira entre o acessante e a acessada, onde a energia elétrica do produtor é injetada no sistema, a medição de consumo ou do excedente é realizada e onde o agente deve respeitar as diversas exigências de conexão estabelecidas em normas, e que serão apresentadas com mais detalhes nos capítulos subsequentes.*

*O estudo apresentado concentra-se, portanto, nos aspectos técnicos, financeiros e regulatórios de conexão, por influenciarem os custos de instalação, a validação da outorga da usina, a emissão do Parecer de Acesso pela acessada, os critérios de medição e segurança, e a viabilidade do investimento de comercialização de energia. Privilegiaram-se os critérios de qualidade da energia no ponto de conexão como análise principal do problema.*

*A delimitação sob a ótica exclusivamente do setor da biomassa (florestal, cana-de-açúcar) e biogás, e não das fontes alternativas como um todo, justifica-se na medida em que a qualidade de energia gerada a partir de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede (SFVCR), segundo Pufal (2012), depende diretamente do desempenho*



A Figura 3 destaca o plantio florestal em sua maior área na região centro-oriental do Estado, região rica em espécies *Pinus* e *Eucalyptus* e "onde se localizam as grandes empresas florestais, abrangendo as inúmeras indústrias que compõem o setor florestal paranaense: painéis, celulose, papel, serrarias, movelarias, energia, dentre outros" (EISFELD; NASCIMENTO, 2015).

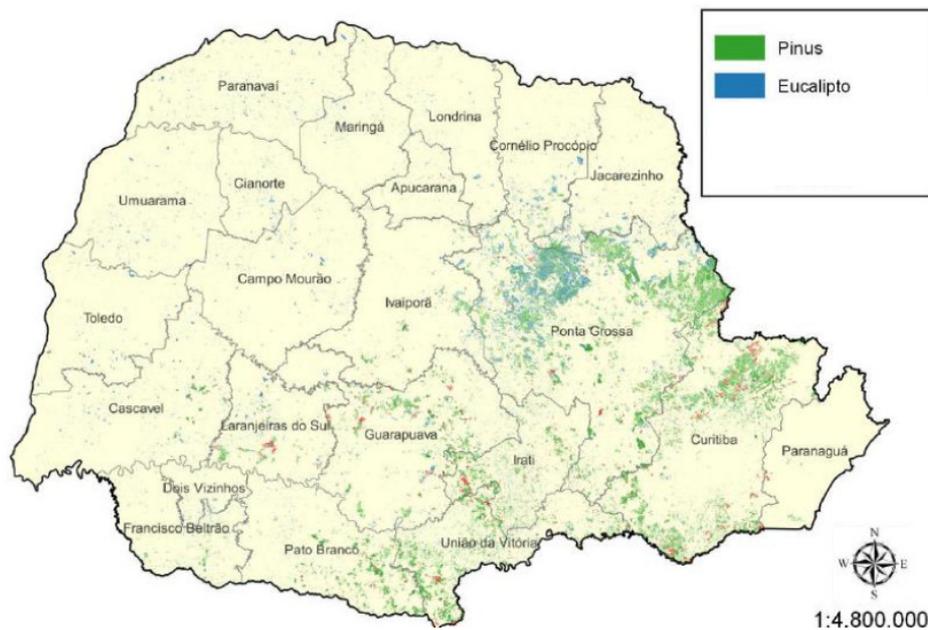


Figura 3 - Mapa dos plantios de *Pinus* e *Eucalyptus* no Paraná  
Fonte: Eisfeld e Nascimento (2015).

A Figura 4, por sua vez, ilustra o potencial de produção de biogás nas diferentes regiões do Estado, e destaca a distribuição dos tipos de fontes por região.

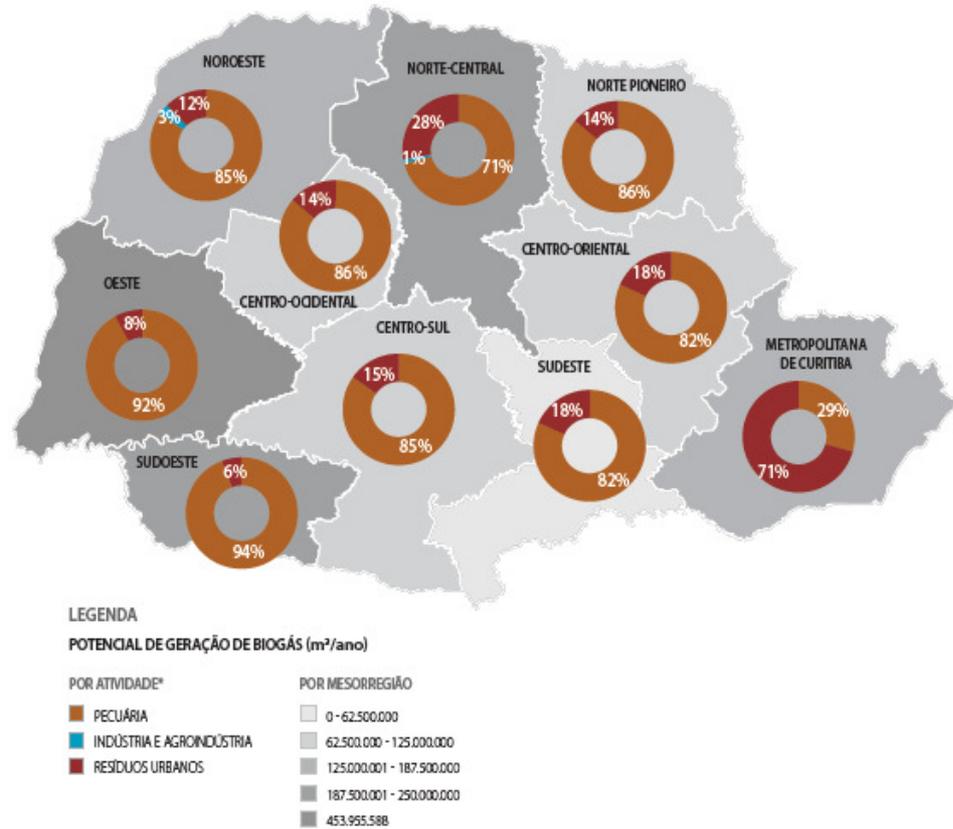


Figura 4 - Potencial de geração de biogás por mesorregião e distribuição desse potencial por atividade  
 Fonte: Observatórios Sistema Fiep (2016).

Observa-se, por exemplo, o elevado potencial de geração de biogás a partir de resíduos urbanos na região metropolitana de Curitiba. Ampliando-se a nível de Estado, segundo Possetti (2016), o Paraná possui o maior parque de reatores anaeróbios tratando esgoto urbano do mundo, e que continuamente produzem biogás a partir do metano.<sup>1</sup>

### 1.3 PREMISSAS E PROBLEMAS DE PESQUISA

O presente trabalho está pautado em dois pressupostos: (i) na previsão de rápida expansão da Geração Distribuída no país para os próximos anos, motivada por questões socioambientais, pelas recentes regras que incentivam a micro e minigeração

<sup>1</sup> Informação concedida pelo Engenheiro Gustavo R. C. Possetti.

estabelecidas pela ANEEL (2016b) e pela retomada do crescimento econômico para os próximos anos; (ii) na atual falta de subsídios técnico-administrativos aos agentes produtores diante das exigências técnicas de conexão à rede de distribuição da concessionária, conforme Guevara (2015). Esse gargalo pode levar os investidores à uma desmotivação no empreendimento de Geração Distribuída, visto a extensão dos requisitos estabelecidos em norma a serem cumpridos. Conforme exposto no Congresso de Biomassa em junho de 2016, por enquanto no Brasil ainda há mais interesse em autossuficiência do que exportar energia ao SIN (CIBIO, 2016). Ou seja, o problema a ser analisado é aquele intrínseco à interface "acessante" (entenda-se central geradora, agente produtor ou consumidor com unidade geradora integrada), e "acessada" (entenda-se distribuidora de energia ou concessionária).

Diante dos pressupostos de estudo, os atuais e futuros agentes produtores, (biomassa, no caso do presente trabalho) se confrontarão com diversos entraves e questionamentos quanto ao investimento necessário para renovar suas instalações e regularizar suas plantas de cogeração, sejam eles no âmbito técnico (equipamentos necessários para garantir a correta medição, segurança e a estabilidade elétrica de sua instalação), regulatórios (licenciamento ambiental, homologações, Contrato de Uso do Sistema de Distribuição, comercialização de energia no mercado livre ou regulado etc.) e econômicos (custos correlatos, tributações, contingências a penalidades, tarifas envolvidas e forma de compensação de créditos de energia).

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo Geral

Identificar os entraves para o aumento de oferta da energia elétrica a partir da biomassa, considerando-se os aspectos técnicos, financeiros e regulatórios da conexão com a distribuidora, do ponto de vista dos produtores.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

- a) *Analisar os requisitos de segurança e qualidade de conexão exigidos nos módulos do PRODIST, segundo Resoluções Normativas 482/2012 e 687/2015 da ANEEL;*
- b) *Analisar os requisitos estabelecidos pelas distribuidoras (acessadas);*
- c) *Analisar os entraves do ponto de vista dos geradores (acessantes).*

#### 1.5 JUSTIFICATIVA

*Graças a seus recursos fluviais abundantes, o Brasil conta atualmente com 65% de sua oferta interna de energia elétrica proveniente de fontes hidráulicas (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2015). Estas fontes tradicionais de energia são construídas longe dos maiores centros consumidores, em reservas hídricas bem específicas. As longas distâncias entre a geração e consumo, resultantes da extensão territorial brasileira, forçam investimentos em instalação de torres, linhas de transmissão e subestações, necessárias para o transporte e distribuição dessa energia, desde as usinas até aos consumidores residenciais e industriais. Quanto maior a distância, maiores são as perdas e maior a probabilidade de interrupções de fornecimento em caso de instabilidade (ANEEL, 2016b). A distribuição do bem "energia elétrica" não é, portanto, uniforme em todo o território nacional.*

*Um agravante foi a crise hidráulica vivenciada em 2014 e 2015 em muitos Estados, com a falta de chuvas impactando o nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas, o que forçou o governo a acionar as caras e poluentes termelétricas, antes emergenciais, para garantir o fornecimento de energia elétrica em regime permanente em nível nacional e elevando fortemente as tarifas de energias (SILVESTRINI, 2014). Tal custo inevitavelmente reverteu-se sobre a população, os consumidores submetidos à mudança de bandeira tarifária, não tão somente pela falta de chuva, mas principalmente pela falta de planejamento energético do governo, que vem acompanhando a crise hidráulica desde 2001, e incentivando ou priorizando de*

*forma muito discreta a utilização de novas fontes sustentáveis de energia, como alternativa à forte dependência das fontes fósseis (ORDOÑEZ, 2013).*

*Porém, um passo importante para fomentar a diversificação da matriz energética brasileira foi o estabelecimento da Resolução Normativa (RN) ANEEL 482, de 17 de abril de 2012, cujas regras foram recentemente alteradas por intermédio da RN 687, de 24 de novembro de 2015, entrando em vigor em março de 2016. A RN 482/2012 estabelece o "Sistema de Compensação de Energia Elétrica", a partir de fontes alternativas como a solar, eólica e biomassa, instaladas em unidades consumidoras, com troca de energia com a distribuidora local, de forma descentralizada. Resumidamente, essas novas regras simplificam o processo de outorga aos acessantes com até 5 MW de potência instalada, e ampliam os incentivos à geração distribuída por fontes renováveis, como o aumento do prazo de validade dos créditos da distribuidora pela energia injetada e a "geração compartilhada" em cooperativas. Com esses novos incentivos, a perspectiva da ANEEL (2016b) é de que "até 2024 mais de 1,2 milhões de consumidores passem a produzir sua própria energia, o equivalente a 4,5 GW de potência instalada".*

*A biomassa, por sua vez, é uma fonte naturalmente disponível e de baixo custo. O Brasil ocupa o segundo lugar entre os países com maior capacidade renovável instalada acumulada para geração de energia por meio de biomassa, com 11,5%, atrás somente dos Estados Unidos, com 12,7% (OBSERVATÓRIOS SISTEMA FIEP, 2016, p.22).*

*Sob o aspecto geográfico, o Paraná se justifica por ser um Estado de importância agrícola e florestal e com grande disponibilidade de matéria-prima para a produção de energia, como o bagaço de cana e o licor negro de Pinus e Eucalyptus, atributos que motivam no Estado a implantação de usinas de cogeração a partir da biomassa (ANEEL, 2015a).*

*Uma outra particularidade importante, e que agrega ao cultivo da biomassa como fonte energética, é a sua sazonalidade, que contribui ao reforço da diversificação energética no país. Conforme perfil ilustrado na Figura 5, o período de safra da biomassa é complementar ao período de baixa capacidade hídrica das grandes hidrelétricas, nas quais o período seco (maio a outubro) é compensado pelo período da safra da biomassa de cana, por exemplo.*

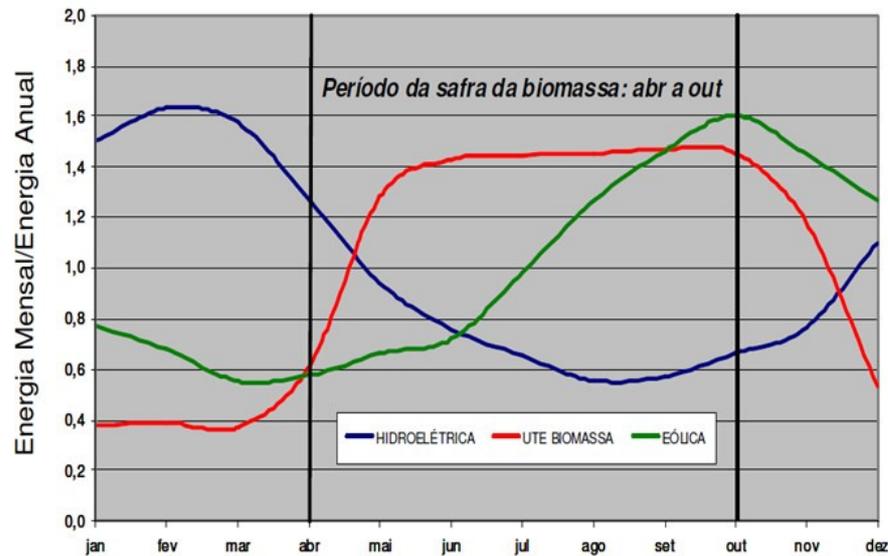


Figura 5 - Complementaridade anual biomassa - hidrelétrica  
Fonte: ONS 2015.

*Essa complementaridade torna-se ainda mais importante quando se leva em conta os períodos de estiagem prolongada, com redução dos níveis dos reservatórios em usinas hidrelétricas. Nesses períodos mais secos, a média anual do potencial energético da biomassa chega a um nível equiparável ao pico energético das hidrelétricas ou das eólicas.*

*Segundo Tranin et al. (2015), o potencial para a produção de energia de biomassa no Paraná é grande, com investimentos em ascensão. Conforme apresentado no 1.º Simpósio de Biomassa e Cogeração de Energia (2015) sediado na cidade de Maringá, "a energia elétrica gerada a partir da biomassa não só tem um custo competitivo, como está bem distribuída, disponível próxima às principais regiões consumidoras, em um contexto de parceria com a Companhia Paranaense de Energia (Copel), um caminho para a retomada do crescimento no setor com reflexos positivos na economia do Paraná. O aproveitamento da biomassa na geração de energia é o próximo grande desafio da Copel" (TRANIN et al., 2015).*

*Do ponto de vista financeiro, segundo Menel (2016), a*

*autoprodução de energia elétrica depende muito dos investimentos diretamente relacionados ao aumento de produção industrial que, neste momento, está parada, exceção feita às atividades relacionadas a papel e celulose. O bem 'energia elétrica' em uma indústria faz com que tenhamos empresas investindo na ampliação de sua autoprodução.*

## 1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

*O estudo foi realizado com base em pesquisa bibliográfica, documental e coleta de dados em campo, e é embasado em fontes tais como artigos em periódicos e revistas, monografias, dissertações, teses, normas técnicas, simpósios, congressos e audiências públicas. Para a coleta de dados foram utilizados questionários semiestruturados em entrevistas, como à Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar, em março de 2016, à Associação de Produtores de Bioenergia do Paraná - Alcopar, em abril 2016, na ocasião da visita à Usina Alto Alegre em abril de 2016, e à Klabin, em junho 2016. Em participações no Congresso Internacional de Biomassa - CIBIO2016, nos dias 15 e 16 de junho 2016 em Curitiba, e na Audiência Pública "Otimização Pública das energias solar, eólica, biomassa e outras no Estado do Paraná", no dia 11 de julho 2016 na Assembleia Legislativa do Paraná em Curitiba, interagiu-se com diversos palestrantes e profissionais da área. A lista dos profissionais entrevistados, assim como o questionário utilizado, estão disponíveis no Anexo A.*

## 1.7 EMBASAMENTO TEÓRICO

*O embasamento inicial deste trabalho teve como fonte os estudos de Guevara (2015), que expõe alguns problemas do ponto de vista dos acessantes, detectados a nível nacional, em empreendimentos exclusivamente de biogás, a partir de 2000. Dentre eles destacam-se o baixo retorno financeiro pelo investimento, alto custo de implantação, burocracias, falta de informação, ausência de consultorias e falta de apoio aos agentes produtores de biogás, para o processo de implantação e manutenção do sistema gerador. A partir desta referência bibliográfica, procurou-se, então, contextualizar estes entraves no cenário atual, ou seja, influenciados pelas recentes normas e resoluções, além de delimitar-se aos perímetros descritos no capítulo 1.2.*

*A Copel Distribuição S/A, por exemplo, afirma em sua Contribuição à Consulta Pública da ANEEL n.º 005/2014 que existe um interesse na expansão da Geração*

*Distribuída por parte das concessionárias e apresenta aspectos positivos e negativos, alertando que "a falta de controle e critérios de conexão pode acarretar perda de estabilidade, má qualidade da energia, insegurança e comprometimento da otimização do sistema" (COPEL, 2014, p.4).*

*Além da adequação técnica exigida pela Copel, outro entrave detectado em campo é a instabilidade regulatória (GUEVARA, 2015). A RN 482/2012 foi readaptada recentemente em 2016, e os interessados ainda estão se familiarizando com essas readequações (CIBIO, 2016). As concessionárias e a agência reguladora, por meio da Câmara de Comércio de Energia Elétrica – CCEE (ANEEL 2016c), devem se adequar para receber e comercializar uma "nova" energia. Essa adequação por parte das concessionárias e órgãos de regulação já é percebida em revisões de normas técnicas relativas à Geração Distribuída recentemente divulgadas, porém ainda em estado evolutivo. Citam-se como exemplos os Módulos do PRODIST (principalmente os Módulos n.º 3 e 8) e as Normas Técnicas da Copel de Acesso de Geração Distribuída ao Sistema, com comercialização de energia (NTC 905100 e NTC 905200).*

*Sob os aspectos técnico e de qualidade de energia gerada:*

*A conexão não poderá acarretar prejuízos ao desempenho e aos níveis de qualidade do sistema elétrico. A Copel poderá interromper o acesso ao seu sistema quando constatar a ocorrência de qualquer procedimento irregular, deficiência técnica ou de segurança das instalações e pessoas. (NTC 905200, 2016, p.13).*

*Caso a conexão do acessante provoque a violação de quaisquer dos indicadores de qualidade de energia conforme Módulo 8 do PRODIST, o mesmo fica responsável pelas medidas mitigadoras que se fizerem necessárias. (NTC 905200, 2016, p.30).*

*Os valores de fator de potência indicados constarão no acordo operativo e deverão ser respeitados, sob pena de desconexão caso seja comprovada a violação. (NTC 905100, 2013, p. 24).*

*O acessante de geração fica obrigado a assumir o compromisso de que suas unidades geradoras não provoquem tensões fora deste critério, o que implica que suas unidades geradoras deverão possuir sistemas de controle de tensão capazes de regulação local da tensão dentro dos níveis considerados adequados pela COPEL. (NTC 905100, 2013, p.66).*

### *Aspectos de segurança:*

*É responsabilidade do acessante realizar a preservação do sistema de distribuição acessado contra os efeitos de quaisquer perturbações originadas em suas instalações. (ANEEL, 2016c, p.39).*

*A distribuidora pode interromper preventivamente, de imediato, o acesso quando verificada a ocorrência de uso à revelia, pelo acessante, de equipamento ou carga susceptível de provocar distúrbios ou danos no sistema de distribuição acessado ou nas instalações de outros acessantes, bem como deficiência técnica ou de segurança de suas instalações internas. (ANEEL, 2016c, p.43).*

*No caso de conexão em pingo [em derivação], a COPEL não pode garantir a abertura do sistema de geração dos acessantes em casos de curtos-circuitos nas linhas de sua responsabilidade, [...] caso ocorra um sinistro com prejuízos materiais ou acidentes com pessoas e/ou animais devido a não atuação do sistema de proteção do acessante, a responsabilidade civil e criminal será do mesmo; (NTC 905100, 2013, p.25).*

### *Aspectos regulatórios:*

*Os contratos deverão ser assinados entre as partes no prazo máximo de 90 dias após a emissão do Parecer de Acesso. A inobservância deste prazo incorre em perda da garantia ao ponto e às condições de conexão estabelecidas. (NTC 905100, 2013, p.49).*

*No caso de produtores de energia elétrica com instalações conectadas à rede de distribuição [...] as compensações associadas à não conformidade dos níveis de tensão deverão ser estabelecidas nos respectivos Contratos de Conexão ao Sistema de Distribuição (CCD). (ANEEL, 2016e, p.21).*

*No processo de implantação dos indicadores de qualidade da energia elétrica, devem ser consideradas e respeitadas as particularidades regionais e as especificidades socioeconômicas das áreas de concessão e/ou permissão das distribuidoras. (ANEEL, 2016e, p.75).*

### *Aspectos econômicos:*

*Para minigeração distribuída e geração compartilhada os custos de adequação do sistema de medição são de responsabilidade do interessado. (NTC 905200, 2016, p.36).*

*Na reconexão por motivo indicado no item anterior, a distribuidora pode exigir do acessante o cumprimento das seguintes obrigações:*

- a) instalação de equipamentos corretivos em suas instalações;*
- b) pagamento do valor das obras necessárias no sistema elétrico acessado destinadas à correção dos distúrbios provocados;*
- c) ressarcimento à distribuidora de indenizações por danos causados às instalações de outros acessantes que, comprovadamente, tenham decorrido dos referidos distúrbios ou da deficiência de suas instalações. (ANEEL, 2016d, p.43).*

*À leitura desses diferentes aspectos constatam-se os potenciais entraves técnicos, regulatórios e financeiros com os quais os acessantes deverão se defrontar para vender sua energia, em pequena ou larga escala, dependendo da potência instalada em sua instalação.*

## **2 FUNDAMENTAÇÃO**

*O presente capítulo fundamenta os objetivos propostos, dentro da delimitação geográfica da pesquisa, ou seja, analisa as perspectivas dos agentes produtores face às normas das distribuidoras acessadas no Paraná.*

*Para tanto, inicia-se com uma abordagem do potencial de biomassa no Estado.*

### **2.1 O POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOELETRICIDADE A PARTIR DA BIOMASSA NO PARANÁ**

*A capacidade instalada a partir da biomassa no Estado foi extraída do Banco de Informações de Geração – BIG (ANEEL, 2015a), que disponibiliza para consulta a lista das usinas com potências outorgadas pela ANEEL. A lista mais detalhada, complementada com a contribuição de dados fornecidos pela Alcopar, está disponível para consulta no Anexo C.*

*A partir desta lista, sumariza-se os dados por meio de uma estratificação por tipo de fonte e por porte da usina. A Tabela 1 apresenta o levantamento quantificado em número de usinas por fonte.*

Tabela 1 - Estratificação das usinas de biomassa no Paraná, por fonte e por porte - 2015

Fonte	Número de usinas no estado, por porte <sup>(1)</sup>					Exportam energia, por potência instalada <sup>(2)</sup>				Potencial de unidades a serem aproveitadas (%)
	Grande	Médio	Pequeno	Total	%	> 5MW	Mini	Micro	Total	
Resíduos Florestais	6	2	0	8	19	2	2	0	4	50
Bagaço de cana	15	10	0	25	58	9	0	0	9	64
Resíduos Animais	0	5	2	7	16	0	2	1	3	57
Resíduos Urbanos	0	2	1	3	7	0	2	1	3	0
<b>Quantidade Total</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>43</b>	<b>100</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>56</b>

Fonte: Adaptado da ANEEL (2015a).

(1) Grande porte: acima de 5.000 kW de potência instalada.

Médio porte: entre 75 kW e 5.000 kW.

Pequeno porte: menor ou igual a 75 kW de potência instalada.

(2) Mini: minigeração, entre 75 kW e 5.000 kW de pot. Instalada, cfe ANEEL (2015b).

Micro: microgeração, até 75 kW de pot. Instalada, cfe ANEEL (2015b).

O Gráfico 1 ilustra o quantitativo por meio de cores, onde as barras em azul representam todas as unidades geradoras referenciadas na ANEEL, e em vermelho aquelas que estão efetivamente conectadas a rede e comercializando energia.

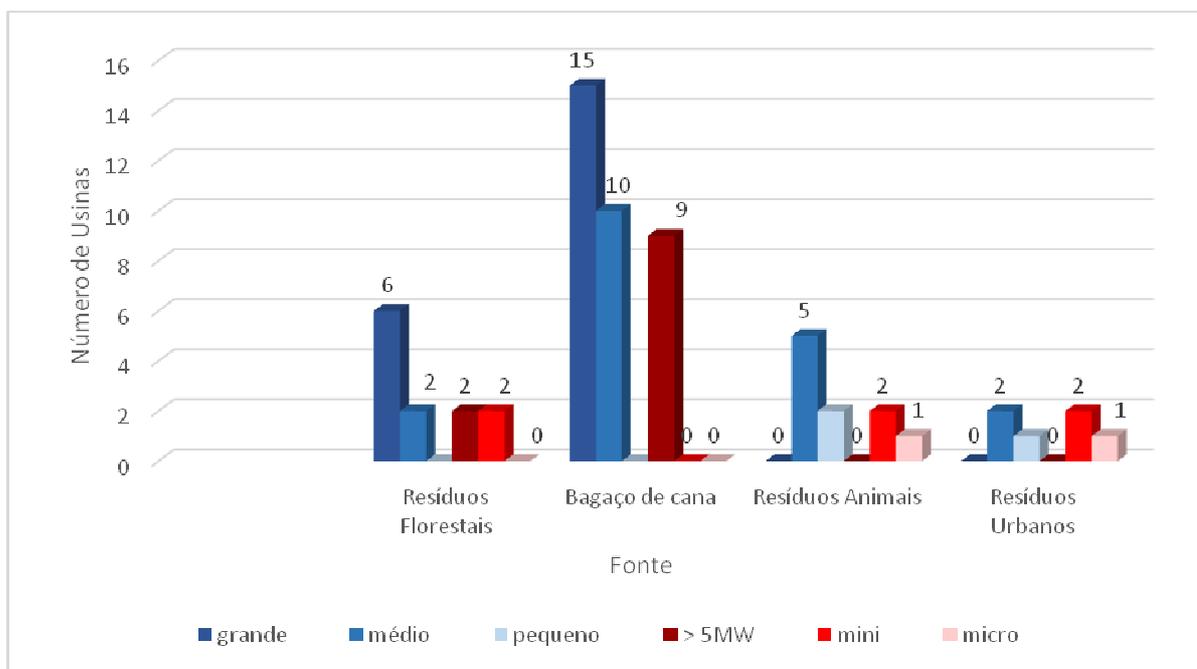


Gráfico 1 - Estratificação das usinas de biomassa no Paraná, por fonte e por porte - 2015  
Fonte: Adaptado da ANEEL (2015a).

A Tabela 2 propõe a mesma análise, porém com base na somatória das potências fiscalizadas de cada unidade da Tabela 1.

Tabela 2 - Estratificação de potência fiscalizada a partir da biomassa no Paraná, por fonte e por porte - 2015

Fonte	Potência fiscalizada <sup>(1)</sup> no estado (kW), por porte <sup>(2)</sup>					%	Exportam energia, por potência instalada (kW) <sup>(3)</sup>				Potencial energético a ser explorado (%)
	Grande	Médio	Pequeno	Total	> 5MW		Mini	Micro	Total		
Resíduos Florestais	385.730	7.000	-	<b>392.730</b>	44	339.000	7.000	-	<b>346.000</b>	12	
Bagaço de cana	449.380	37.565	-	<b>486.945</b>	55	387.980	-	-	<b>387.980</b>	20	
Resíduos Animais	-	5.330	72	<b>5.402</b>	1	-	3.080	32	<b>3.112</b>	42	
Resíduos Urbanos	-	4.578	20	<b>4.598</b>	1	-	4.578	20	<b>4.598</b>	0	
<b>Quantidade Total</b>	<b>835.110</b>	<b>54.473</b>	<b>92</b>	<b>889.675</b>	<b>100</b>	<b>726.980</b>	<b>14.658</b>	<b>52</b>	<b>741.690</b>	<b>17</b>	

Fonte: Adaptado da ANEEL (2015a).

(1) A Potência Fiscalizada é igual a considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora (ANEEL, 2016a).

(2) Grande porte: acima de 5.000 kW de potência instalada.

Médio porte: entre 75 kW e 5.000 kW.

Pequeno porte: menor ou igual a 75 kW de potência instalada.

(3) Mini: minigeração, entre 75 kW e 5.000 kW de pot. Instalada, cfe ANEEL (2015b).

Micro: microgeração, até 75 kW de pot. Instalada, cfe ANEEL (2015b).

A Tabela 2 pode ser, alternativamente, analisada por meio do Gráfico 2, que ilustra as distribuições de potências por fonte, onde as barras em azul representam a potência fiscalizada pela ANEEL, e em vermelho o nível de potência efetivamente conectada à rede e participante do sistema de compensação de energia com a concessionária. Optou-se neste gráfico em utilizar a escala logarítmica, a fim de melhor visualizar a contribuição das fontes a partir de resíduos animais e urbanos.

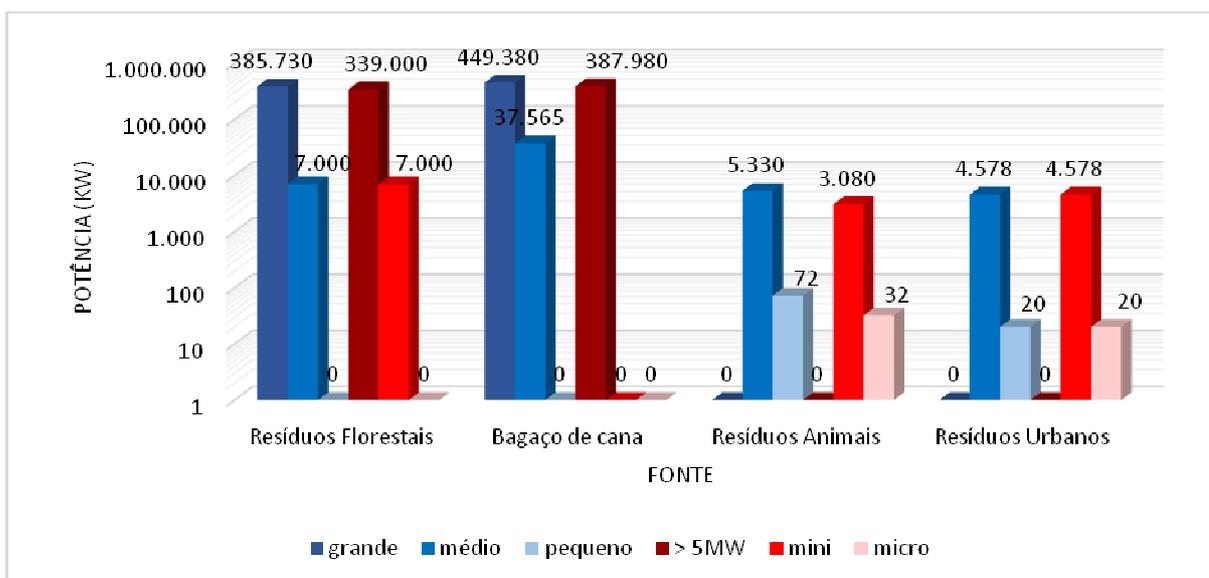


Gráfico 2 - Estratificação de potência fiscalizada a partir da biomassa no Paraná, por fonte e por porte - 2015

Fonte: Adaptado da ANEEL (2015a).

Segundo a Associação de Produtores de Bioenergia do Estado do Paraná – Alcopar os números referentes ao acesso à rede de usinas a cana tendem a aumentar. Além das usinas já outorgadas, foram apresentados pela Alcopar e pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná (Faep), no mês de outubro de 2015, pedidos de Consulta de Acesso ao sistema de Distribuição da Copel de 17 outras usinas sucroalcooleiras, elevando o potencial de despacho para 3.403 GWh/ano até 2020 (TRANIN et al., 2015). O próprio presidente da Copel Participações, destacou que "o aproveitamento da biomassa na geração de energia é o próximo grande desafio da Copel" e que "a Copel precisa dar acesso e criar soluções para os problemas que têm dificultado essa parceria" (TRANIN et al., 2015), referindo-se às dificuldades das usinas a biomassa em participar dos leilões de energia de reserva, por ser um mercado ainda em desenvolvimento no Brasil (CIBIO, 2016). Do ponto de vista dos insumos para biocombustíveis, o potencial da biomassa de cana no Estado poderá ser aumentado com o aproveitamento da palha, a colheita mecânica de cana crua, e

o aproveitamento do eucalipto como combustível alternativo durante a entressafra, "possibilitando à usina cozer energia o ano todo" (TRANIN et al., 2015).

Referente à fonte biogás, os números apresentados nas linhas resíduos animais e urbanos das Tabelas 1 e 2 demonstram que o Estado também tem grande potencial de geração a partir de dejetos, por possuir um setor industrial e agroindustrial relevante para a economia do país. Na realidade, o biogás possui um universo de obtenção mais amplo, onde novos nichos são estudados e propostos por entidades privadas e governamentais, como por exemplo o estudo do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Estado do Paraná – SENAI-PR (OBSERVATÓRIOS SISTEMA FIEP, 2016). Esta entidade propõe novas rotas para alimentar em insumos o processo da digestão anaeróbia, que fundamenta a produção do biogás, conforme mostrado em azul no fluxograma da Figura 6.

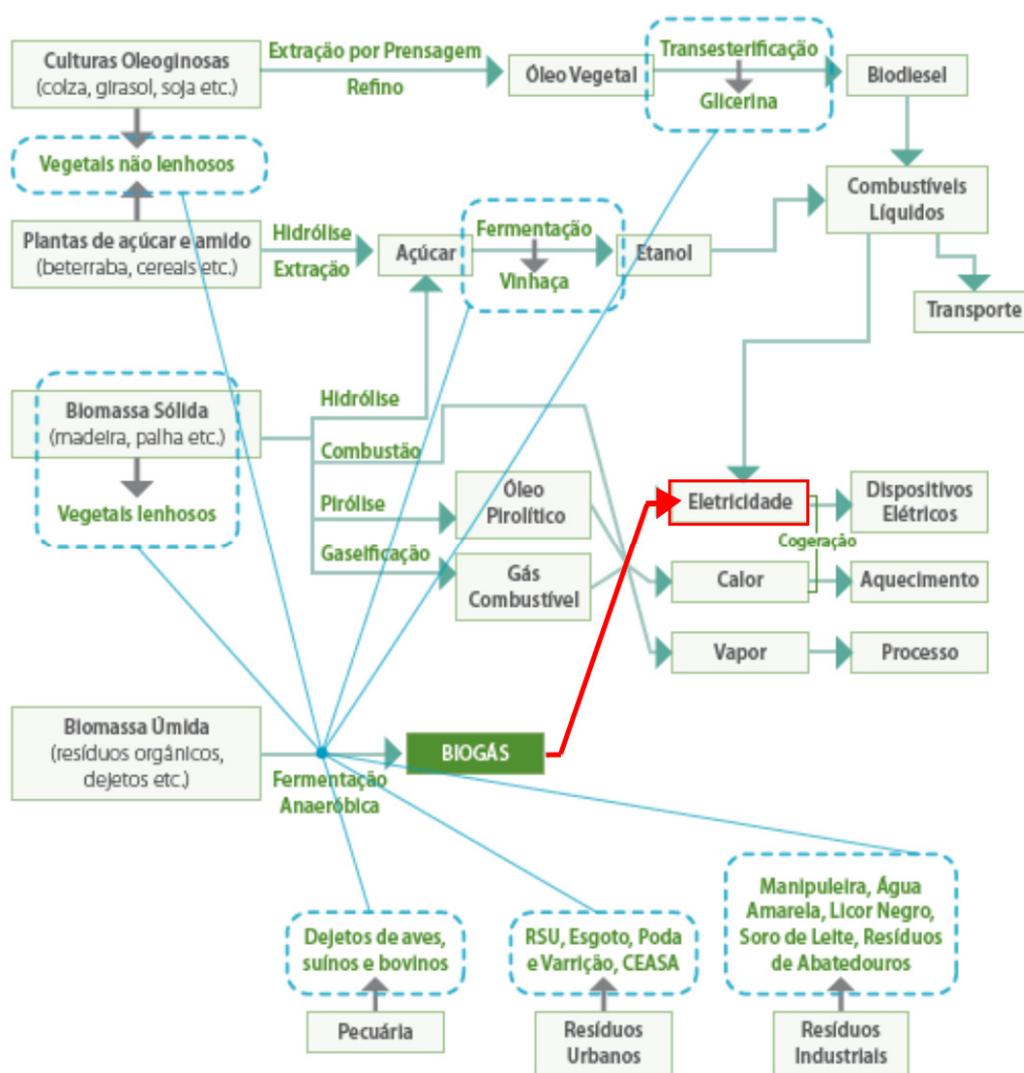


Figura 6 - Fluxograma das novas rotas para a produção do biogás  
Fonte: Observatórios Sistema Fiep (2016).

## 2.2 ACESSADAS: EXIGÊNCIAS TÉCNICAS DE CONEXÃO À REDE

*A expansão da geração distribuída significando o aumento de pontos de conexão de pequenos geradores espalhados na rede de distribuição, as distribuidoras são levadas a adequar seus procedimentos normativos a fim de controlar, e sobretudo proteger, suas redes (ANEEL, 2016a). No Brasil, as normas fundamentais que regem a geração distribuída são os Módulos 3 e 8 do PRODIST, e no Paraná as Normas Técnicas da Copel n.º 905100 e 905200, que ditam os requisitos técnicos de segurança, qualidade de energia, os indicadores de desempenho, a eficiência e a confiabilidade da conexão, e o Sistema de Medição e Faturamento (SMF) da instalação do acessante.*

*O presente trabalho é fundamentado nos seguintes documentos, doravante chamados genericamente como "Normas".*

- *Resolução Normativa n.º 482/2012, que "estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída, o sistema de compensação de energia elétrica, e outras providências" (ANEEL, 2012).*
- *Resolução Normativa n.º 687/2015, que altera a Resolução Normativa n.º 482/2012 (ANEEL, 2015b).*
- *Acesso de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema da Copel - NTC 905200, Revisão março/2016.*
- *Acesso de Geração Distribuída ao Sistema da Copel (com comercialização de energia) - NTC 905100, Revisão dezembro/2013*
- *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição, Revisão 6.*
- *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica, Revisão 7.*

*A Resolução Normativa n.º 687 entrou em vigor em março de 2016. Em linhas gerais as inovações propostas nessas novas regras consistem em expandir a minigeração de 1 MW para 5 MW de potência instalada, o aumento do prazo de validade dos créditos por energia excedente de 36 para 60 meses, a possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios com a repartição da energia gerada entre os condôminos, o sistema de "geração compartilhada" em um consórcio*

ou cooperativa, além de redefinir as regras e prazos a fim de simplificar o processo de solicitação de acesso até a aprovação do ponto. A Figura 7 ilustra a sequência de etapas para acesso, nessa nova modalidade da Resolução, onde os compromissos em azul são de responsabilidade do acessante e os em vermelho da distribuidora acessada (ANEEL, 2016a).

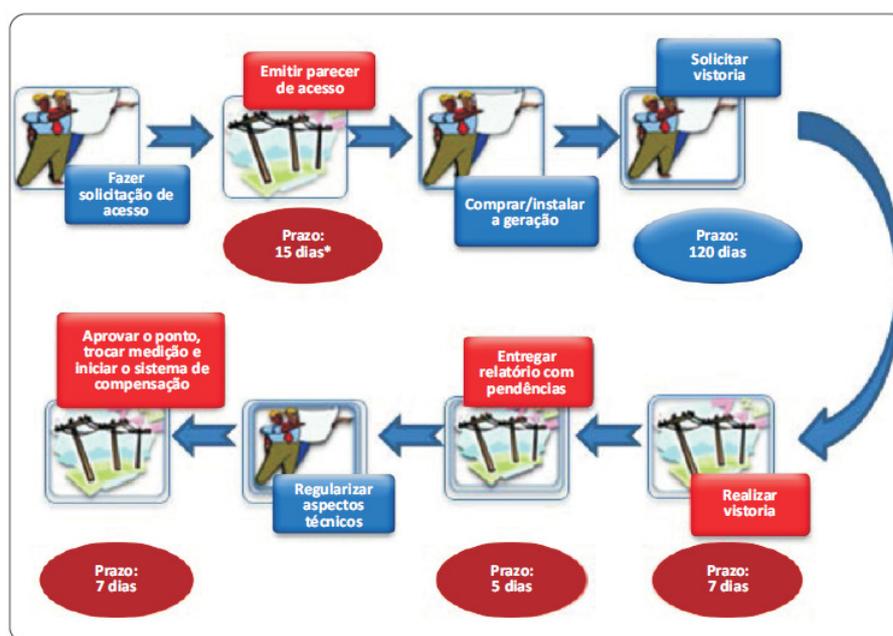


Figura 7 - Procedimentos e etapas de acesso para a micro e minigeração  
Fonte: ANEEL (2016a).

O Contrato de Uso do Sistema de Distribuição (CUSD) assinado entre o agente produtor e a distribuidora "deve abranger os limites e compromissos de qualidade e continuidade de responsabilidade das partes, assim como as correspondentes penalidades pelo não atendimento dos respectivos limites" (ANEEL, 2016d, p.49). A obrigação de assinatura do CUSD não é válida para centrais geradoras participantes do sistema de compensação de energia (RN 687/2015).

Por outro lado, mesmo o acessante atendendo à integralidade dessas exigências, a sua energia só será de fato despachada ao sistema mediante uma capacitação estrutural da própria concessionária. A Copel, por exemplo, estuda a viabilidade de criação do complexo e de linhas e subestações coletoras para o atendimento da demanda em Geração Distribuída (TRANIN et al., 2015). A quantidade

*de fases e o nível de tensão de conexão da central geradora serão definidos pela distribuidora, em função das características técnicas da rede e em conformidade com a regulamentação vigente (ANEEL, 2016d, p. 80).*

### *2.2.1 Aspectos de Segurança*

*Segundo a ANEEL (Módulo 3, 2016d, p. 25 e 42), o paralelismo das instalações do acessante com o sistema da acessada não pode causar problemas técnicos ou de segurança aos demais acessantes, ao sistema de distribuição acessado e ao pessoal envolvido com a sua operação e manutenção. As normas estabelecidas entre o acessante e a acessada, para a execução de serviços no ponto de conexão, devem incluir:*

- a) regras de comunicação;*
- b) aterramento temporário do equipamento ou instalação no qual se executará o serviço;*
- c) chaves de manobra e conjuntos de aterramento;*
- d) tensões de toque e de passo;*
- e) distâncias de segurança;*
- f) regras de acesso e circulação;*
- g) sinalização;*
- h) procedimentos de combate a incêndios;*
- i) recursos para iluminação de emergência;*
- j) segurança para trabalho em vias públicas.*

*A respeito das prescrições obrigatórias de segurança das pessoas, trabalhadores e terceiros envolvidos na implantação de uma geração distribuída (zona de risco, distância de segurança, sinalização de segurança, situações de emergência etc.), a NTC 905100 da Copel (2013) se refere, de uma forma geral, às normas regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho, principalmente a NR10. Os aspectos de segurança mais particulares para a geração distribuída, como tipo das chaves de manobra, tensões de toque e passo, e distância de segurança, dependerão do nível de tensão na qual o acessante está conectado, baixa, média ou alta tensão. No caso*

*dos produtores sucroalcooleiros, por exemplo, a maioria das usinas paranaenses estão conectadas com a Copel em 34,5 kV (média tensão) ou em 138 kV (alta tensão) (ALCOPAR, 2016).<sup>2</sup>*

*No caso de conexão em alta tensão, a Copel estabelece que "todos os acessantes de geração [...] deverão se conectar por meio de linhas de transmissão expressas ou seccionamentos de linhas de transmissão existentes, não sendo admitidas conexões em derivação (pingos)" (NTC 905100, 2013).*

*Quanto às regras de comunicação a NTC 905100 estabelece que estas devem garantir a teleleitura e a auditoria à distância, via fibra óptica, em casos onde houver mudança de grupos de ajustes, quando as usinas possuírem mais de um gerador, a fim de que a proteção possa ser reajustada de acordo com as condições de operação das usinas.*

*O sistema de aterramento deve constar em seu projeto o cálculo de malhas de terra para atender os requisitos técnicos de segurança de tensão de toque e tensão de passo, conforme a Norma n.º 80 do Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE-80).*

*Em instalações geradoras contendo bancos de capacitores para melhorar a qualidade da energia gerada, o operador deverá aguardar a descarga residual dos capacitores antes de qualquer intervenção local ou de religamento.*

*O PRODIST requer que o "acessante deverá prever no ponto de conexão, junto ao padrão de entrada, sinalização indicativa da existência na unidade consumidora de geração própria através de placa de advertência" (ANEEL, 2016d, p. 83).*

*Diante do exposto, a distribuidora poderá desconectar a unidade possuidora de sistema de geração de seu sistema elétrico quando a operação do sistema do proprietário representar perigo à vida e às instalações da distribuidora, neste caso, sem aviso prévio (ANEEL, 2016d).*

---

<sup>2</sup> Ramón O. Villarreal. Consultoria ALCOPAR, Maringá-PR (Anexo A).

### 2.2.2 Aspectos de Qualidade de Energia Elétrica (QEE)

*A qualidade de energia elétrica gerada no ponto de conexão é um requisito enfatizado nas Normas. Conforme o Anexo I - Adesão ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica do Módulo 3 do PRODIST, "a distribuidora poderá desconectar a unidade possuidora de sistema de geração de seu sistema elétrico nos casos em que a qualidade da energia elétrica fornecida pelo proprietário não obedecer aos padrões de qualidade dispostos no Parecer de Acesso" (ANEEL, 2016d, p.88). O Parecer de Acesso é o documento formal emitido pela acessada ao acessante, onde são informadas todas as suas responsabilidades, os requisitos técnicos de conexão e a participação financeira do acessante (ANEEL, 2016a).*

*A Copel, em seu papel de 'acessada', define as proteções mínimas para conexão de geradores assíncronos ou síncronos, notadamente a atuação do elemento de interrupção, podendo ser um disjuntor ou religador, por relés de proteção no ponto de conexão com a função de desconectar automaticamente o gerador do sistema Copel em casos de faltas ou distúrbios na rede (NTC 905200, 2016).*

*Esta seção aborda com mais detalhes os parâmetros exigidos para a QEE de uma instalação e é fundamentada no Módulo n.º 8 do PRODIST (ANEEL, 2016e), documento que estabelece os procedimentos que garantem a qualidade da energia elétrica dos produtores, segundo sete parâmetros técnicos de controle:*

- a) tensão em regime permanente;*
- b) distorções harmônicas;*
- c) desequilíbrio de tensão;*
- d) flutuação de tensão;*
- e) variações de tensão de curta duração;*
- f) fator de potência;*
- g) variação de frequência.*

*O acessante deve garantir em sua instalação que não sejam violados os valores de referência no ponto de conexão para esses parâmetros.*

*A Copel, por sua vez, "reserva-se o direito de realizar medições no ponto de conexão vislumbrando quantificar os impactos da operação das instalações do acessante sobre os parâmetros de qualidade de energia reportados no Módulo 8 do PRODIST" (NTC 905200, 2016, p.30).*

### 2.2.2.1 *Nível de tensão eficaz em regime permanente*

*Segundo definição no Glossário de Termos Técnicos do Módulo n.º 1 do PRODIST (2016c) regime permanente é o "intervalo de tempo da leitura de tensão, onde não ocorrem distúrbios elétricos capazes de invalidar a leitura, definido como sendo de 10 (dez) minutos".*

*Os distúrbios elétricos, capazes de influenciar os níveis de tensão, podem ser originados pela própria instalação do acessante.*

*A variação na amplitude da tensão altera o seu valor eficaz, além de alterar a faixa de operação normal. As principais causas para este distúrbio são: a energização de cargas pesadas que exigem altas correntes elétricas de partida e curto-circuito no sistema elétrico. De acordo com a localidade e as condições do sistema, pode ocorrer as seguintes situações: afundamento, elevação da tensão e interrupção total do fornecimento de energia elétrica. (NOGUEIRA, 2011, p.69).*

*Em sua NTC 905100 (2013), a Copel fixa os limites mínimos e máximos de tensão permitidos no ponto de conexão, dependendo do nível de tensão em regime normal de operação, e que são verificados pela própria concessionária via leituras no medidor de faturamento da acessante, ou em equipamento independente (NTC 905100, 2013).*

- *Em média tensão (13,8 kV ou 34,5 kV): 0,96 p.u. e 1,0 p.u.*
- *Em alta tensão (138 kV): 0,95 p.u. e 1,05 p.u.*

*Para a regulação e o monitoramento, o acessante deverá prover um controle e supervisão da tensão fornecida em suas unidades geradoras, por relés (código ANSI 27/59), por Registradores Digitais de Tensão (RDT), ou pelo controle de excitação do próprio gerador síncrono (NOGUEIRA, 2011).*

### 2.2.2.2 *Distorções harmônicas*

*Segundo definições apresentadas nos Módulos n.º 1 e 8 do PRODIST*

*Distorção harmônica individual é a grandeza que expressa o nível individual de uma das componentes que totalizam o espectro de frequências de um sinal distorcido, normalmente referenciada ao valor da componente fundamental [60Hz]. Distorção harmônica total é a composição das distorções harmônicas individuais que expressa o grau de desvio da onda em relação ao padrão ideal, normalmente referenciada ao valor da componente fundamental (ANEEL, 2016c).*

*As distorções harmônicas são fenômenos associados com deformações nas formas de onda das tensões e correntes em relação à onda senoidal da frequência fundamental (ANEEL, 2016e).*

*Nogueira (2011) cita as fontes dessas distorções na forma de onda de tensão ou corrente, em função do maquinário utilizado em uma unidade de processamento industrial. Motores que são controlados por retificadores, chaves eletrônicas, soldas a eletrodos, lâmpadas fluorescentes com reatores eletromagnéticos são fontes geradoras de distorções na forma de onda, e que podem degradar a qualidade de energia em instalações à jusante, de outros acessantes ou consumidores conectados na mesma rede. Alguns dos efeitos indesejáveis das distorções harmônicas são o sobreaquecimento de motores, funcionamento inadequado de cargas sensíveis, perturbação dos sistemas de comunicação, ressonância de circuitos com capacitores e indutores, aquecimento de cabos, imprecisão da leitura de medidores, dentre outros.*

*Alguns desses maquinários ou cargas, considerados geradores de harmônicas, são normalmente empregados em usinas, por exemplo, no processo de moagem de cana-de-açúcar ou de resíduos florestais para obter o bagaço ou o cavaco, respectivamente.*

*Os valores de referência e os critérios de medição/contenção das distorções harmônicas descritos nas Normas são os apresentados na Tabela 3.*

*Tabela 3 - Valores de referência globais das distorções harmônicas totais (em porcentagem da tensão fundamental)*

<b>Tensão nominal do Barramento</b>	<b>Distorção Harmônica Total de Tensão DTT (%)</b>
$V_N \leq 1kV$	10
$1kV < V_N \leq 13,8kV$	8
$13,8kV < V_N \leq 69kV$	6
$69kV < V_N < 230kV$	3

*Fonte: ANEEL (2016e).*

A distorção harmônica total (DTT) é a relação da soma dos valores da tensão harmônica de ordem  $h$  com a tensão fundamental relativa ao ponto de conexão (ANEEL, 2016e).

Em função de sua tensão de conexão ao barramento, o acessante deverá planejar a QEE de sua instalação de acordo com os limites apresentados nas Normas.

Ou seja, uma instalação sucroalcooleira conectada em 138 kV não poderá apresentar um desvio de onda de tensão superior a 4,14 kV.

Da mesma forma, o acessante deverá respeitar os limites dos valores de referência para a distorção harmônica individual, em função do nível de tensão do barramento, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Níveis de referência para distorções harmônicas individuais de tensão (em percentagem da tensão fundamental)

Ordem Harmônica	Distorção Harmônica Individual de Tensão (%)				
	$V_N \leq 1kV$	$1kV < V_N \leq 13,8kV$	$13,8kV < V_N \leq 69kV$	$69kV < V_N < 230kV$	
Ímpares não múltiplas de 3	5	7,5	6	4,5	2,5
	7	6,5	5	4	2
	11	4,5	3,5	3	1,5
	13	4	3	2,5	1,5
	17	2,5	2	1,5	1
	19	2	1,5	1,5	1
	23	2	1,5	1,5	1
	25	2	1,5	1,5	0,5
	>25	1,5	1	1	2
Ímpares múltiplas de 3	3	6,5	5	4	1
	9	2	1,5	1,5	0,5
	15	1	0,5	0,5	0,5
	21	1	0,5	0,5	0,5
	>21	1	0,5	0,5	1
Pares	2	2,5	2	1,5	0,5
	4	1,5	1	1	0,5
	6	1	0,5	0,5	0,5
	8	1	0,5	0,5	0,5
	10	1	0,5	0,5	0,5
	12	1	0,5	0,5	0,5
	>12	1	0,5	0,5	0,5

Fonte: ANEEL (2016e).

A regulação é feita pela instalação de filtros de harmônicas sintonizados e o monitoramento via analisadores de energia.

### 2.2.2.3 Desequilíbrio de tensão

O desequilíbrio de tensão é o fenômeno associado a alterações dos padrões trifásicos do sistema de distribuição. O valor de referência nos barramentos do sistema do acessante, estipulados nas Normas, deve ser igual ou inferior a 1,5% caso a conexão se faça em média tensão e igual ou inferior a 2% na alta tensão. O fator de desequilíbrio é definido matematicamente pela relação entre a magnitude da tensão de sequência negativa e a magnitude da tensão de sequência positiva no ponto de acoplamento (ANEEL, 2016e). Um sistema elétrico desequilibrado significa mais perdas elétricas na rede.

Para a regulação e o monitoramento o acessante deverá prever proteções por Relés (cód. ANSI 60/47).

### 2.2.2.4 Flutuação de tensão

A flutuação de tensão é uma variação aleatória, repetitiva ou esporádica do valor eficaz da tensão (ANEEL, 2016e).

A Copel indica na norma NTC 905100 (2013) que os acessantes de geração devem adotar medidas necessárias para que a flutuação de tensão, decorrente da operação de seus equipamentos, bem como outros efeitos dentro de suas instalações, não provoque no respectivo ponto de conexão a superação dos limites de Severidade de Curta Duração (PST) e Severidade de Longa Duração (PLT), apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores de referência para a flutuação de tensão

<b>PST D 95%</b>	<b>PLT S 95%</b>
0,8 pu	0,6 pu

Fonte: NTC 905100 (2013).

*PST é um indicador que representa a severidade dos níveis de cintilação luminosa associados à flutuação de tensão verificada em um período contínuo de 10 (dez) minutos. De modo semelhante, a grandeza PLT expressa a severidade dos níveis de cintilação luminosa associados à flutuação de tensão verificada num período contínuo de 2 (duas) horas, por meio da composição de 12 valores consecutivos de PST.*

*O Quadro 1 apresenta as grandezas relacionadas.*

<b>Identificação da grandeza</b>	<b>Símbolo</b>
<i>Severidade de curta duração</i>	<i>Pst</i>
<i>Severidade de longa duração</i>	<i>Plt</i>
<i>Valor diário do indicador Pst que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de 24hs</i>	<i>Pst95%</i>
<i>Valor semanal do indicador Plt que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de sete dias completos e consecutivos</i>	<i>Plt95%</i>
<i>Fator de transferência</i>	<i>FT</i>

*Quadro 1 - Terminologia para Flutuação de Tensão  
Fonte: ANEEL (2016e).*

*Violações dos indicadores PstD95% ou PltS95% fora da faixa adequada devem ser objeto de acompanhamento e de correção por parte dos agentes responsáveis (ANEEL, 2016e).*

*Para a regulação e o monitoramento, o acessante deverá prever soluções de compensação do distúrbio, como a instalação de filtro de harmônicas ativo e/ou compensadores estáticos.*

#### *2.2.2.5 Variação de tensão de curta-duração*

*Segundo definições nos Módulos 1 e 8 do PRODIST, variações de tensão de curta duração são desvios significativos no valor eficaz da tensão em curtos intervalos de tempo, compreendidos entre 16,67 ms (1 ciclo) e 3 (três) minutos (ANEEL, 2016c).*

*Com relação aos valores de referência, a ANEEL não estabelece em Normas padrões de desempenho a esses fenômenos, e cabe às distribuidoras monitorar o desempenho das barras de distribuição, às quais os acessantes estão conectados.*

*A Copel não faz referência a esse distúrbio em suas NTC 905100 e 905200.*

#### *2.2.2.6 Fator de potência*

*Razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas em um mesmo período especificado. O fator de potência verificado por medição, quando se encontrar fora da faixa estabelecida, deve ser aplicada penalidade mediante faturamento de excedente de potência e energia reativa, calculado de acordo com a legislação específica (ANEEL, 2016d).*

*Os valores de referência para o fator de potência no ponto de conexão, para unidade conectada em tensão inferior a 230 kV, devem estar compreendidos entre 0,92 e 1,00 indutivo ou 1,00 e 0,92 capacitivo, de acordo com regulamentação vigente. A Copel restringe esses limites em 0,92 capacitivo a 0,92 indutivo, e devem constar no acordo operativo com a acessante, sob pena de desconexão caso seja comprovada a violação desses limites (NTC 905100, 2013).*

*A regulação e o monitoramento são realizados por meio de banco de capacitores de derivação, compensadores estáticos, relés de proteção (cód. ANSI 55), ou pelo controle de excitação do próprio gerador síncrono (NOGUEIRA, 2011).*

#### *2.2.2.7 Variação de frequência*

*As instalações de geração conectadas ao sistema de distribuição devem, em condições normais de operação, operar dentro dos limites de frequência situados entre 59,9 Hz e 60,1 Hz (ANEEL, 2016e).*

A Copel estabelece estágios nos ajustes de atuação dos relés de proteção do acessante, em caso de sub e/ou sobrefrequência na geração, conforme critérios de intervalos e frequências do Quadro 2.

<b>Função</b>	<b>Estágio</b>	<b>Critério</b>
Subfrequência (81U)	1.º	58,5 Hz a 10s
	2.º	56,5 Hz instantâneo
Sobrefrequência (81O)	1.º	62 Hz a 30s
	2.º	66 Hz instantâneo

Quadro 2 - Ajustes das proteções de sub e sobrefrequência  
Fonte: NTC 905100 (2013).

Para a regulação e o monitoramento, o acessante deverá prever proteções por Relés (sub ou sobrefrequência cód. ANSI 81 O/U), ou via sistema de controle de velocidade do gerador (NOGUEIRA, 2011).

### 2.2.3 Aspectos do Sistema de Medição e Faturamento (SMF)

O sistema de medição e faturamento de uma instalação é um conjunto de equipamentos que fornecem a leitura da energia consumida e injetada na rede da distribuidora. O sistema é composto por medidores principais e de retaguarda (redundantes em caso de falhas no medidor principal), por transformadores de tensão (TP) e de corrente (TC), pelo sistema de comunicação entre a unidade produtora e a CCEE, e pelos sistemas de coleta de dados de medição para faturamento (ANEEL, 2016c). Os medidores comumente utilizados nos sistemas de medição com comercialização de energia possuem tecnologia eletrônica multifunção, com display gráfico em LCD, como por exemplo o mostrado na Figura 8.



Figura 8 - Modelo de medidor eletrônico tipo bidirecional  
Fonte: Landis+Gyr (2016).

São bidirecionais a '4 quadrantes', conforme Figura 9, ou seja, são capazes de registrar as energias ativas e reativas, importada (consumida) e exportada (excedente) independentemente para o fluxo direto e reverso, com funcionalidades que possibilitam o monitoramento de qualidade de energia, diagnóstico (condições da ligação) e operação (histórico dos monitores e acessos), com registro em memória de eventos, bem como o gerenciamento de demanda pelo cliente final. Permite garantir, por meio do uso de conversor conectado na interface RS232, acesso prioritário de leitura para o CCEE (LANDYS+GYR, 2016).

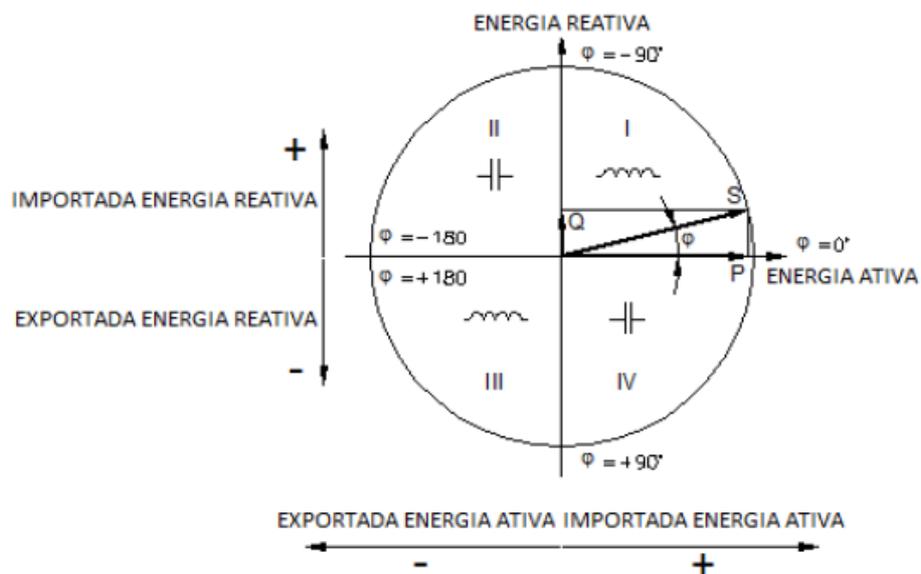


Figura 9 - Medição de energia em quatro quadrantes  
Fonte: Landis+Gyr (2016).

*No caso de instalações com potência instalada menor ou igual a 75 kW (microgeração) ou conectadas em baixa tensão, a medição bidirecional pode ser realizada por meio de dois medidores unidirecionais, uma para medir a energia elétrica ativa consumida e outro para a energia elétrica ativa gerada (ANEEL, 2016d).*

*Os medidores e os painéis de medição devem ter acessos restritos, por meio da colocação de lacres, do modo que seja visível em caso de violação.*

*Os medidores que atuam na aferição da qualidade de energia devem registrar os parâmetros indicados no capítulo 3.2. Essa funcionalidade permite que o órgão regulador ou auditor, local ou remotamente, sirva-se das leituras para fins de avaliação da qualidade de energia elétrica do sistema de distribuição, de modo a planejar a expansão da geração distribuída para essa distribuidora (ANEEL,2016e).*

*Em termos de responsabilidades, no caso de microgeração distribuída, a distribuidora é responsável financeiramente pela instalação, operação e manutenção do SMF do acessante. Na minigeração distribuída, o acessante é responsável por ressarcir a distribuidora pelos custos de adequação do SMF (ANEEL, 2016d).*

*O SMF desempenha um papel importante na instalação, pois determina a fronteira de responsabilidades com a acessada, no ponto de conexão, assim como registra quantitativamente o quanto o produtor exporta ou consome de energia (balanço de consumo e excedente).*

*O SMF permite também quantificar a compensação de energia elétrica de uma determinada unidade produtora em um determinado mês. Conforme definição da RN 482/2012, a Compensação de Energia Elétrica consiste em atribuir créditos para o agente produtor por uma quantidade de energia excedente gerada em sua unidade. A Resolução Normativa n.º 482 (2012) emprega o termo de energia "cedida" à distribuidora de conexão e que é retribuída ao agente gerador por meio de créditos, que são usados para abater o consumo de energia elétrica da unidade. A última adaptação na RN 482, a RN 687/2015, concedeu uma maior amplitude para a utilização dos créditos recebidos, agora válidos por um período de 5 anos. Além do prazo estendido, a nova resolução permite ao produtor que esses créditos gerados sejam compartilhados em cooperativas, na chamada "geração compartilhada", em que diversos interessados empreendem conjuntamente uma micro ou minigeração distribuída. Também houve a criação do conceito de "consumo remoto", ou geração descentralizada, em que o*

*consumidor gera sua energia em um outro local, distante de seu centro de consumo (ANEEL, 2015b).*

*A NTC 905100 da Copel apresenta com mais detalhes as características requeridas para o SMF para os casos específicos de geração com comercialização de energia com a Copel ou no Mercado Livre (não regulado).*

*A Figura 10 apresenta um arranjo de conexão tipo para uma instalação geradora acima de 501 kW, conectada em 34,5 kV com a Copel. Observa-se o limite de propriedade entre a unidade geradora e a distribuidora, o ponto de instalação do módulo de medição (SMF), mais próximo ao ponto de conexão, o módulo de seccionamento para que a Copel possa acessar o SMF em caso de manutenção, o módulo de proteção com os relés tipo para esse nível de tensão e potência, dentre os quais destacam-se o de sobrecorrente instantâneo e temporizado (50/51), falta de sincronismo (78), sub e sobretensão (27/59), e o sistema de geração com derivação ao autoconsumo.*

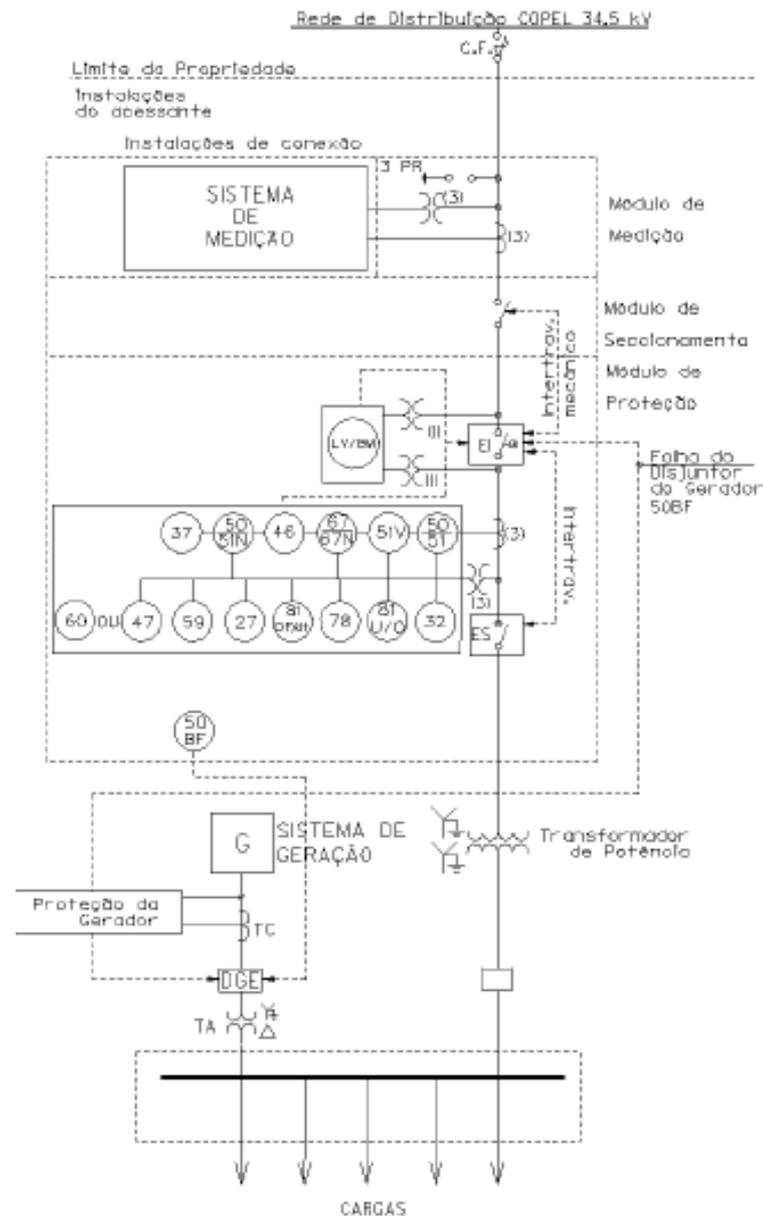


Figura 10 - Arranjo de conexão tipo minigeração com potência instalada acima de 500 kW  
 Fonte: NTC 905200 (2016).

### 2.3 ACESSANTES

A fim de detectar o grau de dificuldade por parte dos acessantes para cumprir os requerimentos apresentados nos capítulos 1.7 e 3, buscou-se em campo a percepção das próprias centrais geradoras. Neste capítulo são apresentadas características de três centrais a biomassa no Paraná, conectadas à rede de distribuição em diferentes tensões, e cada uma alimentada por fontes energéticas distintas.

### 2.3.1 Unidade geradora 'Puma' - Klabin

*A empresa Klabin S.A. é proprietária da unidade "Puma", produtora de celulose e autossuficiente em geração de energia, localizada na cidade de Ortigueira-PR. Com início de operação em março de 2016, a Usina Termelétrica da Unidade Puma é uma das maiores termelétricas instaladas em fábricas de celulose do mundo, com uma capacidade de produzir anualmente 1,5 milhão de toneladas. Sua unidade de cogeração, classificada pela ANEEL como uma Produtora Independente de Energia (PIE), conta com uma potência instalada de 2x175 MW. A geração depende das condições de produção de celulose, que é variável ao longo do ano. Do total de energia produzida na usina, aproximadamente 45% é destinada ao autoconsumo da fábrica (KLABIN, 2016).*

*A energia elétrica da unidade é gerada a partir da queima do licor negro, um subproduto do processo de extração e transformação da celulose, também conhecido como "lixívia negra". Oliveira (2015) descreve o licor negro como um combustível líquido com alto poder calorífico, na ordem de 2.860 kcal/kg, e extraído a partir do cozimento de espécies como Pinus e o Eucalyptus. Na unidade Puma da Klabin, esse processo libera vapor a dois turbogeradores de 206 MVA, 15,65 kV, marca Siemens, sincronizados com a rede básica da Copel desde abril de 2016. Segundo o Eng. Pesch da Klabin (comunicação pessoal), não houve dificuldades técnicas de conexão com a rede. A acessante apresentou todos os estudos exigidos em norma, cujos resultados estão sendo comprovados após a conexão. A solução de qualidade é assegurada, portanto, pela própria regulação dos turbogeradores, painéis de proteção e complementada por bancos de capacitores com filtros de harmônicos, instalados em 34,5 kV, para controle das harmônicas e do fator de potência. Porém, o controle do fator de potência e tensão injetada na rede é assegurado principalmente pela regulação dos geradores.*

*O nível de tensão da conexão é de 230 kV, interligada na rede básica local da Copel por três ramais de linhas de transmissão às subestações Figueira, Ponta Grossa Norte e Usina Mauá. A necessidade da conexão por meio de três pontos deve-se a limitações da rede, pela relação energia despachada e energia consumida, própria da unidade Puma. Conforme indicado na seção 3.7 do Módulo 3 (ANEEL,*

2016d, p.80) "[...] o nível de tensão de conexão da central geradora é definido pela distribuidora em função das características técnicas da rede e em conformidade com a regulamentação vigente". A Figura 11 mostra uma visão geral da unidade de geração, no município de Ortigueira.



Figura 11 - Vista geral da nova unidade Puma da Klabin, em Ortigueira-PR  
Fonte: Klabin (2016).

O Quadro 3 apresenta as características gerais da unidade geradora, e descreve os entraves de conexão e as soluções encontradas para garantir a qualidade de energia gerada.

Nome da unidade geradora	Puma
Proprietária	Klabin S.A.
Localização	Ortigueira-PR
Fonte energética	licor negro
Início de comercialização da energia	mar/16
Produção de insumo	1,5M ton (celulose)
Potência instalada	350MW
Porte	grande
Tensão de conexão	230kV
Acessada	Copel
Descrição da solução técnica empregada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Regulação na excitação própria do turbo gerador</b></li> <li>- <b>Instalação de bancos de capacitores e filtros de harmônicos em 34,5kV (tensão de distribuição própria da planta)</b></li> <li>- <b>Painel de controle e comando do gerador.</b></li> </ul>
Dificuldades detectadas	Necessidade de repartir a conexão 230kV em 3 ramais, devido a limitações na rede básica de acesso, a fim de balancear a energia despachada com a consumida

Quadro 3 - Resumo técnico unidade geradora Puma  
Fonte: Klabin (2016).

### 2.3.2 Unidade geradora "ETE Ouro Verde" - Sanepar

A Estação de Tratamento de Esgoto Ouro Verde, de propriedade da Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar, localizada na cidade de Foz do Iguaçu e em testes desde 2009, é um projeto piloto de geração de energia elétrica a partir do biogás, produto da digestão anaeróbia de esgotos, em parceria com a Copel e a Itaipu Binacional.

A capacidade instalada da ETE Ouro Verde é de 20 kW, potência que se enquadra no conceito de 'microgeração distribuída' estabelecida pela ANEEL (2016c), e com uma produção de energia na ordem de 1.500 kWh/mês, cujo excedente é despachado à rede via um Relacionamento Operacional com a Copel.

Conforme entrevista com o Eng. Gustavo Possetti (2016), responsável pelo departamento de Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento – APD da Sanepar, para a produção do biogás, a Sanepar serve-se de seus reatores anaeróbios de esgotos sanitários e de digestores de lodo, tipo "UASB". A Figura 12 representa um corte esquemático de um reator tipo UASB, onde observa-se vários compartimentos a fim de remover os detritos prejudiciais à fermentação anaeróbia do lodo, como areia e sólidos grossos (PROBIOGÁS, 2015).

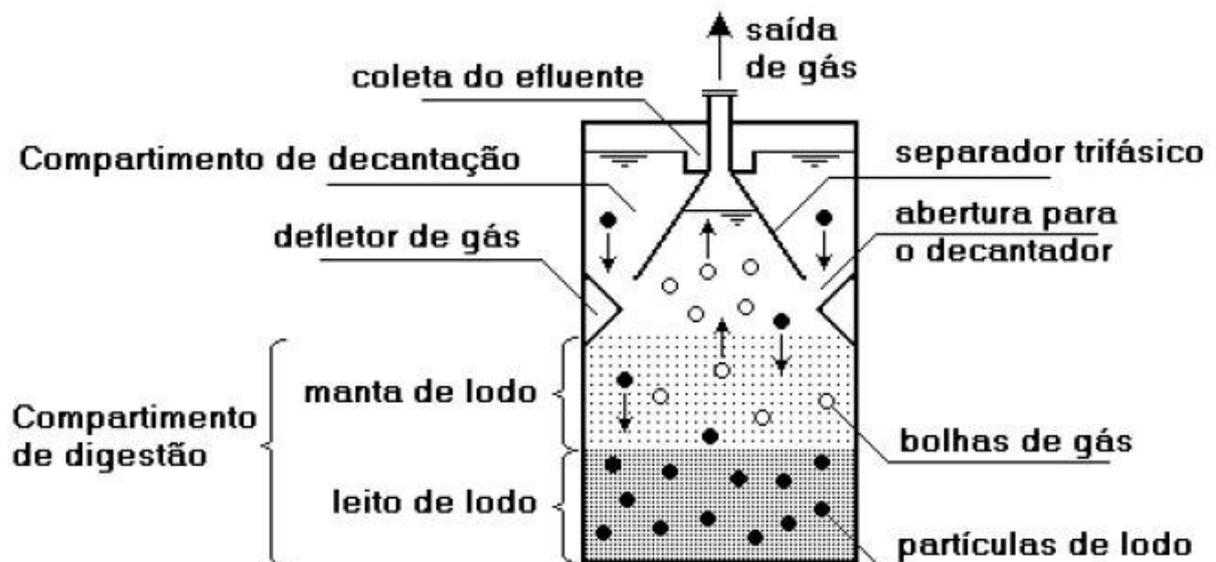


Figura 12 - Diagrama esquemático de um reator tipo UASB  
Fonte: Projeto PROBIOGÁS (2015).

Uma das características dos reatores UASB é a elevada concentração do metano no biogás por ele produzido (PROBIOGÁS, 2015). Dos aproximados 400

UASB instalados pela Sanepar, apenas o da ETE Ouro Verde produz biogás para geração distribuída conectada à rede. Segundo Possetti, os entraves para um empreendimento de geração distribuída a biogás são vivenciados nas interfaces entre os diversos segmentos da cadeia desse tipo de biomassa, mais do que no ponto de conexão em si. Do ponto de vista técnico, Possetti afirma que a qualidade da energia gerada pela usina Ouro Verde é conforme aos requisitos da distribuidora, não caracterizando, portanto, um problema que bloqueie o empreendimento. Porém, alerta sobre a correta especificação do moto-gerador tipo 'Ciclo Otto' empregado. O biogás, sendo um combustível que exige um tratamento particular a fim de se chegar a um nível mínimo de qualidade de combustão, não deve ser injetado em qualquer moto-gerador. Este deve ser projetado e especificado de acordo com as características específicas do biogás tratado (biometano), e de suas propriedades, a fim de otimizar a eficiência de transformação energética. "Fornecedores ainda carecem de um maior conhecimento acerca das propriedades intrínsecas do biogás", aponta Possetti.

Conforme CIBIO2016, as mudanças de bandeiras tarifárias durante 2015 impactaram consideravelmente as faturas de energia das empresas de saneamento do país, incluindo a Sanepar, que passaram a tratar a água em horário fora de ponta para economizar. De um modo geral, a cogeração elétrica tem dado um bom retorno sobre todo o investimento relativo ao tratamento do biogás (eliminação do  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , remoção de umidade etc.) (CIBIO, 2016).

Na Figura 13 observa-se o reator UASB, o gasômetro e o moto-gerador da ETE Ouro Verde.



Figura 13 - Empreendimento Sanepar - unidade ETE Ouro Verde, em Foz do Iguaçu-PR  
Fonte: Possetti (2015).

O Quadro 4 apresenta as características gerais da unidade geradora ETE Ouro Verde, e descreve os entraves e as soluções encontradas para garantir a qualidade de energia gerada no ponto de conexão com a distribuidora.

Nome da unidade geradora	ETE Ouro Verde
Proprietária	Sanepar
Localização	Foz do Iguaçu
Fonte energética	Biogás (resíduos urbanos)
Início de comercialização da energia	2016
Produção de insumo	80m <sup>3</sup> /dia (biogás)
Potência instalada	20kW
Porte	microgeração
Tensão de conexão	220V
Acessada	Copel
<b>Descrição da solução técnica empregada</b>	<b>Instalação de um painel de proteção e controle. O sistema sincroniza com a rede apenas quando os parâmetros setados no controlador estão de acordo com os parâmetros da norma. Caso contrário, há o acionamento de relés de proteção.</b>
Dificuldades detectadas	Qualidade do gás e especificação correta do moto-gerador. Este deve ser projetado de acordo com as características do combustível injetado, o biometano tratado.

Quadro 4 - Resumo técnico unidade geradora ETE Ouro Verde  
Fonte: Possetti (2015).

### 2.3.3 Unidade geradora de "Alto Alegre" – Alto Alegre S.A.

A usina sucroalcooleira de Alto Alegre, localizada no norte do Paraná, foi projetada sob uma concepção greenfield de cogeração, ou seja, com o objetivo de comercializar energia elétrica desde a sua inauguração em 2007 (ALCOPAR, 2016)<sup>3</sup>. Sua capacidade de produção é de aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de cana de açúcar por safra. O bagaço, resíduo do processo de moagem e que gera passivo ambiental, é, por sua vez, reaproveitado em caldeiras para geração de vapor

<sup>3</sup> Ramón O. Villarreal. Consultoria ALCOPAR, Maringá-PR (Anexo A).

e energia elétrica. Além de energia elétrica a usina produz açúcar, álcool hidratado e álcool anidro carburante.

A Figura 14 apresenta uma vista geral da unidade geradora Alto Alegre, no norte do Paraná, em processo de produção.



Figura 14 - Vista geral da unidade sucroalcooleira de Alto Alegre  
Fonte: Alto Alegre (2016).  
Nota: Foto retirada pelo autor.

A usina conta com duas unidades geradoras de 30 MW de capacidade instalada cada, ambas constituídas por geradores síncronos de 04 polos, tensão nominal de 13,8 kV, 43.750 kVA e frequência de 60 Hz. Na Figura 15 observa-se o porte e a disposição das unidades geradoras 1 e 2.



*Figura 15 - Unidades geradoras n.º 1 e 2 da Usina Alto Alegre  
Fonte: Alto Alegre (2016).  
Nota: Foto retirada pelo autor.*

*Segundo informações do Eng. Eduardo Saita, durante visita à usina no mês de abril 2016, a unidade n.º 1 despacha integralmente os seus 30 MW, enquanto que a unidade n.º 2 despacha 10 MW e consome 20 MW para seu processo interno. Ou seja, uma geração distribuída com capacidade de 40 MW.*

*A geração de bioeletricidade segue o período de safra da cana, ou seja, de abril a outubro. Ou seja, considerando um período de geração de 7 meses por ano, o equivalente de energia gerada anual é de aproximadamente 190.000 MWh.*

*O despacho da energia excedente faz-se via linha de transmissão construída pela própria Alto Alegre S.A, com extensão de 30 quilômetros até o ponto de conexão em 138 kV com a Copel, via um bay de entrada na subestação de Alto Alegre, operada pela Copel. A unidade arca com os eventuais custos de adaptações nesta subestação e no bay, necessárias para a segurança de acesso.*

*A Figura 16 mostra a subestação 13,8/138 kV da própria usina, e ao fundo a linha de transmissão de despacho à Copel.*



*Figura 16 - Vista da subestação de despacho das unidades 1 e 2 da Usina Alto Alegre*

*Fonte: Alto Alegre (2016).*

*Nota: Foto retirada pelo autor.*

*Separando sua geração em dois despachos de 30 MW, no mesmo espaço físico da planta, a Alto Alegre pode contar com o benefício de 50% de redução na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD), conforme regras de comercialização por Contratos de Comercialização de Energia Incentivada (CCEI), estabelecidas pela CCEE, desde que a potência injetada não ultrapasse os 30 MW (CCEE, 2016). Os equipamentos necessários adquiridos pela Alto Alegre, exclusivamente para a operação de cada unidade geradora, foram os supervisórios, painéis elétricos auxiliares, o Sistema de Medição e Faturamento, painéis de proteção e controle e transformadores elevadores, cujas homologações são feitas por agentes técnicos da própria Copel, durante a instalação ou inspeção. A usina Alto Alegre informa que os custos de aquisição, regularização e treinamento de operação desses equipamentos, necessários para o paralelismo da geração, são compensados graças ao benefício assegurado na redução da TUSD, em um intervalo de apenas uma safra.*

*O contrato de venda do excedente faz-se por leilões A-1 (renovação de contratos em energias existentes) ou contratos a curto prazo "spot" com comercializadoras independentes. Estas, por sua vez, comercializam a energia adquirida com todo o Brasil, dependendo da necessidade do mercado. Não foram detectados entraves significativos no âmbito de formalidades contratuais com os agentes comercializadores, para o caso da Alto Alegre.*

Os entraves apontados por Eduardo Saita são referentes à complexidade interna do ambiente institucional, representado pelos órgãos reguladores como Copel, ANEEL, CCEE, em parte pela dependência de um número restrito de analistas, outra pelo longo prazo e volatilidade de critérios nas liberações e validações técnicas por estes agentes.

Referente aos aspectos técnicos, além dos geradores já descritos, a instalação Alto Alegre conta com um Sistema de Medição e Faturamento em conformidade com PRODIST. Conforme as Figuras 17 e 18, o SMF é composto por um conjunto de 2 medidores tipo E750 instalados em painéis na sala de comando dos geradores, sendo um principal e outro de retaguarda, por unidade geradora, com acesso remoto e controle pela CCEE. A Copel efetua a calibragem dos medidores, às custas da Alto Alegre.



Figura 17 - SMF da Usina Alto Alegre

Fonte: Alto Alegre (2016).

Nota: Foto retirada pelo autor.



*Figura 18 - Medidores de Energia bidirecionais  
Fonte: Alto Alegre (2016).  
Nota: Foto retirada pelo autor.*

*No quesito de qualidade de energia injetada detectou-se em campo que a usina não enfrenta entraves com os limites estipulados em normas. O próprio gerador corrige o Fator de Potência por intermédio de uma regulação em seu sistema de excitação. A caldeira, as máquinas e motores necessários ao processo de moagem da cana possuem isolamento por transformadores, o que impede que distorções harmônicas sejam injetadas na rede. Situação de variação de tensão e frequência, perda de sincronismo, são supervisionadas e controladas pelos relés de proteção (funções ANSI 25/27/47/55/59/78/81), como mostrados na Figura 19.*



*Figura 19 - Painel de controle do turbogerador e relés de proteção  
 Fonte: Alto Alegre (2016).  
 Nota: Foto retirada pelo autor.*

*A Figura 20 ilustra o acúmulo do bagaço de cana nas dependências da usina, um passivo ambiental que pode ser aproveitado energeticamente.*



*Figura 20 - Bagaço da cana, passivo ambiental reaproveitado energeticamente  
 Fonte: Alto Alegre (2016).  
 Nota: Foto retirada pelo autor.*

O Quadro 5 apresenta as características gerais da unidade geradora de Alto Alegre, e descreve os entraves para o acesso à rede e as soluções encontradas para garantir a qualidade de energia gerada no ponto de conexão com a distribuidora.

Nome da unidade geradora	Santo Inácio
Proprietária	Alta Vista
Localização	Santo Inácio-PR
Fonte energética	bagaço de cana
Início de comercialização da energia	2007
Produção de insumo	2,5 milhões de ton/ano (cana)
Potência instalada	60MW
Porte	grande
Tensão de conexão	138kV
Acessada	Copel
<b>Descrição da solução técnica empregada</b>	<b>Construção da usina no conceito de greenfield, com geradores já projetados para o despacho de energia à rede, conforme as normas.</b> <b>Regulação na excitação própria do turbogerador</b> <b>Painéis de controle via relés de proteção, funções ANSI 25/27/47/55/59/78/81.</b>
Dificuldades detectadas	Morosidade pelo ambiente institucional, representado pelos órgãos reguladores, no momento de liberações, validações, aprovações e inspeções.

Quadro 5 - Resumo técnico unidade geradora Alto Alegre

Fonte: Dados obtidos em entrevista com Engenheiro Eduardo Saita Usina Alto Alegre S.A.

### **3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

*Observou-se ao longo desta pesquisa que a geração distribuída por fontes alternativas de energia é um segmento ainda muito jovem e recentemente regularizado no Brasil. As normas em vigor ainda são sujeitas a revisões a fim de se adaptarem às particularidades do mercado, à tecnologia disponível, à receptividade por parte das distribuidoras, ao ritmo de expansão das conexões e ao investimento no setor. Essa instabilidade regulatória, em um contexto de retração tanto econômica como de investimentos, inibe o ímpeto de produtores e empresários no lançamento de seus empreendimentos de geração e comercialização de energia. Nem todas as recentes adequações na RN 482/2012, e as adequações na RN 687/2015, vieram como estímulo aos empreendedores, especialmente para aqueles visando a minigeração distribuída. Como exemplos, o Art. 3 da RN 687/2015, que transfere ao consumidor os custos referentes a reforços e modificações no sistema de distribuição da concessionária, em função da conexão da minigeração, sendo que anteriormente estes custos eram integralmente arcados pela própria distribuidora (ANEEL, 2012), e o item 2.5.2 da seção 3.7 do Módulo 3 (ANEEL, 2016d), que estabelece que o ônus da realização dos estudos de integração também passa a ser do acessante. São resoluções determinantes à efetivação do empreendimento, pois a "iniciativa de instalação da geração distribuída é do consumidor".*

*As visitas a produtores também mostraram que, apesar dos inúmeros critérios técnicos a serem respeitados nas Normas, os entraves à falta de qualidade de energia gerada não são, até o momento, significativos, tanto do ponto de vista dos agentes (ver capítulo 2.3) como da distribuidora. Em entrevista à Copel Distribuição percebeu-se que a rede não vem sendo impactada com distúrbios provenientes da crescente conexão da geração distribuída no Estado. Em linhas gerais, apenas a aplicação de bancos de capacitores em derivação (shunt) vem sendo utilizada para conter os desbalanços de energia reativa. Dessa forma, desde que os distúrbios não se tornem significativos, a tendência das distribuidoras é aliviar as exigências técnicas de conexão. Observou-se que dos sete parâmetros técnicos definidos pela ANEEL, para o controle de QEE de um acessante (capítulo 2.2.2.), apenas quatro foram exigidos pela Copel em sua norma NTC.*

*Entraves técnicos de menor magnitude foram detectados, como uma possível falta de medidores bidirecionais no mercado, devido a uma alta demanda para futuras conexões, fato que pode levar a uma lentidão na emissão do parecer de acesso (CIBIO, 2016).*

*Do ponto de vista dos acessantes, os dados obtidos no estudo do caso Klabin mostram que o entrave mais relevante a ser superado é a limitação da rede da concessionária, por sua capacidade de absorver a energia despachada pela usina. A própria regulação do gerador e a instalação de um filtro de harmônicas garantem o nível de qualidade de energia exigido pela Copel. Da mesma forma, nos casos das usinas Alto Alegre e ETE Ouro Verde da Sanepar, estas exportam suas energias à rede dentro dos moldes de qualidade exigidos pela Copel, sem a necessidade de aquisições extras de equipamentos. Em discussões com outros profissionais da área durante a CIBIO2016 também não se constataram no Estado entraves técnicos de conexão, graças em grande parte à tecnologia atual dos geradores síncronos, utilizados em larga escala em usinas a biomassa. Estes são providos de reguladores de tensão e corrente, potência ativa e reativa, de modo a garantir que o controle da energia elétrica injetada seja conforme às normas.*

*A realidade da inserção das renováveis no Brasil está, portanto, atrelada mais ao contexto macroeconômico atual do Brasil. O presidente da Associação Brasileira dos Investidores em Autoprodução de Energia, Mário Menel (2016), afirma que as "alterações [no setor elétrico] têm sido feitas, mas faltam ações de integração e de consolidação". Menel também alerta para a dívida do setor elétrico atualmente, no patamar de R\$ 150 bilhões, "preocupante porque dificulta a obtenção de recursos para investimentos necessários à expansão do sistema". O país chegou a um ponto onde não pode atrasar ainda mais a inserção das renováveis em sua matriz, diante de uma recuperação da economia e da retomada do ritmo fabril nos próximos anos, sobretudo se a falta de chuvas prejudicar o nível dos reservatórios das hidrelétricas.*

*Daí a importância de potencializar os "motores de inserção" da biomassa como fonte alternativa à matriz energética brasileira, identificados ao longo dessa pesquisa. Dentre eles destacam-se a capacitação técnica dos produtores, treinamentos para a manipulação adequada dos equipamentos e aferição dos parâmetros de operação segundo normas, a modernização dos equipamentos (revamping) de processamento da biomassa. Além disso, conta-se também com a participação ativa e integrada de*

*órgãos que trabalham para o fomento de energias renováveis, como aqueles de amparo à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico em parceria com a iniciativa privada e universidades, os programas de financiamento e incentivo a linhas de crédito de instituições como o Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (BRDE), Banco do Nordeste (BNB), o Fundo Paraná, a Tecpar, Sebrae. Finalmente, os incentivos às pequenas propriedades, cooperativas e associações, além de estabelecer canais de esclarecimentos, consultorias, incentivos fiscais e tributários, leis de incentivo à política de eficiência energética em residências, indústrias, pequenos produtores, comércios, Municípios e Estados. No aspecto de pesquisa e desenvolvimento, um motor de inserção importante, não tão recente e que vem contribuindo de forma significativa às fontes sustentáveis, é a Lei n.º 9.991 de 24 de julho de 2000, onde consta:*

*As concessionárias de geração e empresas autorizadas à produção independente de energia elétrica ficam obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 1% (um por cento) de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, excluindo-se, por isenção, as empresas que gerem energia exclusivamente a partir de instalações eólica, solar, biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e cogeração qualificada.*

*Em contrapartida, o Decreto n.º 8.842 de 04 setembro 2013, sobre a criação do Projeto Smart Energy Paraná e desenvolvimento da Geração Distribuída no Estado, não reverteu em resultados concretos significativos ao setor (ALEP, 2016).*

*O Paraná permanece na lista dos Estados ainda não aderentes ao Convênio ICMS 16 de 22/4/15, relativo à isenção do ICMS para o sistema de compensação a partir de fontes alternativas, em que a alíquota de 29% de incidência ainda é vista pelo Governo do Estado como um fator gerador de renda (GUADAGNIN, 2016), refletindo um entrave financeiro para o aquecimento do mercado de energia limpa no Paraná. Porém, conforme Audiência Pública de 11 de julho de 2016, o convênio de isenção de ICMS para o Estado está em tramitação na Assembleia Legislativa do Estado do Paraná, não somente sobre o tributo de comercialização de energia como também sobre a aquisição de equipamentos destinados à geração distribuída (ALEP, 2016).*

*Em relação às implantações a biomassa no Paraná, a partir das Tabelas 1 e 2 e os Gráficos 1 e 2 do capítulo 2, constatou-se que:*

- *Há um total de 43 usinas geradoras (890 MW) registradas na ANEEL, a partir da biomassa, seja a partir de resíduos florestais (cavaco, celulose, licor negro), biogás (dejetos animais ou urbanos) ou cana-de-açúcar (bagaço).*
- *Destas, apenas 19 unidades (44%) comercializam, atualmente, o excedente de energia gerada, condicionadas, portanto, a algum tipo de contrato de venda com a distribuidora ou comercializadora. Essa quantidade de unidades representa 742 MW (83%). Considerando-se uma produção de bioeletricidade de 24 horas por dia durante os meses de safra da biomassa, estima-se uma geração de energia de 3.200 GWh.ano, o equivalente a 13% da energia produzida pela geração própria da Copel no Estado, de aproximadamente 25.000 GWh.ano, segundo dados do Fluxo de Energia Consolidado da Copel (2016).*
- *Há uma predominância de usinas a bagaço de cana (58%), indicador da relevância da agroindústria sucroalcooleira no Paraná.*
- *Destas 25 unidades a bagaço, apenas 9 (36%) injetam energia elétrica na rede (representando uma potência total de aproximadamente 390 MW). Ou seja, há 16 usinas (99 MW) ainda a serem aproveitadas como centrais geradoras distribuídas, para este tipo de fonte.*
- *Do total, 40 usinas (93%) são de médio ou grande porte, que ilustram o potencial florestal e canavial do Estado (889 MW).*
- *Das 43 usinas, apenas 10 possuem potência instalada dentro dos limites de micro ou minigeração distribuída (potência instalada menor ou igual a 5 MW), podendo se beneficiar do sistema de compensação de energia da ANEEL (RN 687/2015).*
- *A participação do biogás paranaense (a partir de resíduos animais e urbanos) na venda de bioeletricidade é ainda baixo, em torno de 10 MW, quando comparado com seu potencial apresentado na Figura 4, porém;*
- *Todas as três unidades listadas, com fonte a partir de resíduos urbanos, estão exportando energia à rede.*
- *Das 19 usinas conectadas à rede atualmente, apenas 8 (42%) possuem potência instalada que se enquadrariam na modalidade de micro ou minigeração distribuída, e que podem ou poderiam se beneficiar dos*

*novos incentivos da resolução RN 687/2015, conforme apresentado no capítulo 2.2.*

*Pelo fato do nível de potência instalada típico das usinas a biomassa ultrapassar o limite da minigeração de 5 MW, os produtores contam com os incentivos de redução na TUSD, via Contratos de Comercialização de Energia Incentivada (CCEI), como é o caso da usina sucroalcooleira Alto Alegre (potência instalada 60 MW), que contribuem a uma adequação orçamentária dos acionistas, estimulando o mercado das fontes renováveis de energia.*

*A recente Lei n.º 13.299, de 21 de junho de 2016, estabelece uma amplitude extra de redução na TUSD, para potências acima de 30 MW:*

*Os aproveitamentos com base em fonte de biomassa cuja potência injetada nos sistemas de transmissão e distribuição seja maior que 30.000 kW e menor ou igual a 50.000 kW [...] terão direito ao percentual de redução sobre as tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição previsto no § 1.º, limitando-se a aplicação do desconto a 30.000 kW de potência injetada nos sistemas de transmissão e distribuição.*

*A respeito da sazonalidade da fonte a biomassa, pelo fato de ter apenas sete meses de pico de geração, o potencial no Estado poderá ser aumentado com a colheita mecânica de cana crua, e o aproveitamento do eucalipto como combustível alternativo durante a entressafra da cana, possibilitando comercializar energia o ano todo (TRANIN et al., 2015, CIBIO2016).*

*Finalmente, no Anexo B, apresenta-se uma síntese dos entraves e incentivos detectados no presente trabalho. Observa-se a singularidade do aspecto técnico em comparação aos financeiros e regulatórios*

#### 4 CONCLUSÕES

*Diante do levantamento obtido nesta pesquisa, concluiu-se que ainda há um longo caminho para o país ocupar um lugar de destaque no cenário mundial da bioeletricidade. O Brasil é um grande celeiro agrícola, cujo potencial energético é invejado por outros países. Particularmente no Paraná, os números da biomassa no Estado mostram o seu grande potencial para a geração de bioeletricidade. Notadamente no setor sucroalcooleiro, se todas as 25 usinas canavieiras do Estado fossem aproveitadas eletricamente, a energia gerada seria capaz de suprir 30% da demanda estadual (MONTANHER, 2015). Outro número conclusivo a partir da Tabela 1, são os 24 agentes produtores de biomassa no Paraná, potenciais a contribuir com a geração distribuída, apenas considerando as usinas já existentes, ou seja, um potencial ainda a ser explorado de 56% em termos de unidades geradoras, ou aproximadamente 148 MW de potência instalada (a usina hidrelétrica Parigot de Souza da Copel, por exemplo, possui uma potência de 260 MW). Conclui-se também que há um potencial energético a ser explorado a partir de resíduos urbanos, segmento no qual todas as 3 usinas registradas na ANEEL, com esse tipo de fonte, estão atualmente injetando energia na rede, como mostrado na Tabela 1.*

*Os números aqui apresentados mostram que a biomassa paranaense tem muito a contribuir à diversificação da matriz energética. Porém, deve-se atentar para a cadeia energética como um todo, pois os segmentos são interligados. Alavancar os segmentos a montante da cadeia, como os insumos, tecnologias de aproveitamento do bagaço da cana, da palha residual, da lenha, dos dejetos urbanos e animais e as políticas envolvidas, promove, como consequência, um aquecimento do potencial da bioeletricidade.*

*Porém, o país deverá expandir a sua geração distribuída em um futuro próximo, reflexo de uma iminente retomada econômica. Segundo dados da Empresa de Pesquisas Energéticas - EPE (2014), um ponto percentual de crescimento do PIB no Brasil reflete em 1,5 a 2% de crescimento da demanda energética no país. O mercado da energia limpa no Brasil ainda está em fase de desenvolvimento, com adaptações regulamentares, em que erros de estratégia ainda são permitidos. A própria ANEEL está se organizando com as novas tendências, prevendo leilões de energias de*

*reserva com o intuito de contratar gigawatts de energias alternativas, as tarifas estão sendo rediscutidas, planos de investimentos em elaboração e as corporações se adaptando às novas regras. Os leilões para biomassa ainda estão muito abaixo da capacidade nacional, conforme exposto na CIBIO2016.*

*O resultado do estudo revela uma qualidade de energia gerada pelos produtores paranaenses de biomassa, no ponto de conexão, globalmente conforme às prerrogativas da Copel, sem a necessidade de implantação de dispendiosas soluções corretivas. Porém, os aspectos técnicos deverão ser acompanhados, pois refletem em custos para o investimento. Deve-se fomentar a inserção de novas tecnologias que visam conciliar a interface geração distribuída e distribuidora(s), de modo a maximizar a automação e segurança, para que a rede tenha uma capacidade de autorregeneração, evitando assim os custos com manutenção corretiva. As distribuidoras devem, portanto, estruturar-se para atender à expansão da Geração Distribuída no Brasil e ao aumento do número de pontos de conexão com o sistema, notadamente para cumprir a promessa das autoridades dos 23% de energias renováveis, em atendimento ao iNDC Brasil. Isso requer reforços na rede, motivados por uma maior probabilidade de falta de controle e perda de estabilidade, e dificuldade de otimização do sistema. Daí a importância de um planejamento por parte das distribuidoras, investidores e um ambiente institucional mais engajado nesse programa de expansão energética.*

*Com esse planejamento prévio, a geração de energia perto do local de consumo trará uma série de vantagens, tais como redução dos gastos dos consumidores, economia dos investimentos em transmissão e distribuição, redução de perdas nas redes e melhoria da qualidade do serviço de energia elétrica, aumentando, por exemplo, a estabilidade de tensão e inclusive a flexibilidade de despacho, pois a geração se torna 'pulverizada' em vários projetos (CIBIO, 2016). A expansão da geração distribuída beneficia o consumidor-gerador, a economia do país e os demais consumidores, pois esses benefícios se estendem a todo o sistema elétrico (ANEEL, 2016b).*

*Sob o aspecto da iniciativa à micro e minigeração, regulamentada pela RN 687/2015, a sua viabilidade econômica não poderá concretizar-se sem o respaldo de um planejamento estratégico, ou seja, análise de tarifas, de incentivos fiscais, e o cooperativismo na forma de consórcios com outros consumidores susceptíveis de se beneficiarem dos créditos acumulados com o novo sistema de compensação de energia elétrica, promovido pela ANEEL. A partir do momento em que a legislação*

*brasileira permitir uma evolução do conceito de Net Metering, nos mesmos moldes de países desenvolvidos, ou seja, a venda do excedente de energia à concessionária, os investimentos em energias renováveis terão um impulso considerável. Particularmente no Paraná, o projeto de isenção do ICMS incidente sobre a geração de energias renováveis está em tramitação na Assembleia Legislativa, podendo ser aprovado em um futuro próximo.*

*Finalmente, uma proposta de plano de estudo subsequente ao presente trabalho seria estender o tema de pesquisa a outras fontes energéticas, e/ou sob o ponto de vista de outras distribuidoras, como as do Estado de São Paulo, onde a rede de distribuição é mais ramificada e congestionada, além de ser o Estado com a maior representatividade (44%) na operação de produção da biomassa no país, conforme o estudo Fiep (2016).*

*A diversificação das fontes energéticas, necessária à solidez da matriz elétrica brasileira, é intrínseca ao conceito das 'redes inteligentes', ou Smart Grids, tendência tecnológica em nível mundial, fundamentada no princípio de aproveitamento sustentável e da eficiência energética. A integração destes vários fatores é essencial para acompanhar o crescimento econômico e promover o desenvolvimento sustentável no Brasil.*

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2015.*

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **BIG – Banco de Informações de Geração**. 2015a. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Resolução Normativa n.º 687, de 24 de novembro de 2015b. Altera a Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2016.*

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Cadernos temáticos da micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. 2.ed. Brasília: ANEEL, 2016a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Novas regras para geração distribuída entram em vigor**. 29 fev. 2016b. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=9086&id\\_area=90](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=9086&id_area=90)>. Acesso em: 05 maio 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. PRODIST: Módulo 1 – Introdução**, 2016c. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo1\\_Revisao\\_9/1b78da82-6503-4965-abc1-a2266eb5f4d7](http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo1_Revisao_9/1b78da82-6503-4965-abc1-a2266eb5f4d7)>. Acesso em: 05 maio 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição**, 2016d. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo3\\_Revisao\\_6%20-%20LIMPO.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo3_Revisao_6%20-%20LIMPO.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. PRODIST: Módulo 8 – Qualidade de Energia Elétrica**, 2016e. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%c3%b3dulo8\\_Revis%c3%a3o\\_7.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%c3%b3dulo8_Revis%c3%a3o_7.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2016.

ALTO ALEGRE. **Sobre a Alto Alegre: unidades**. Disponível em: <<http://www.altoalegre.com.br/unidades/usi.aspx>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO PARANÁ (ALEP). Audiência Pública. **Otimização pública das energias solar, eólica, biomassa e outras no Estado do Paraná**. Curitiba, 11 julho 2016.

ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE BIOENERGIA DO ESTADO DO PARANÁ (ALCOPAR). **Mapa de localização das unidades produtoras de álcool e açúcar do Estado do Paraná**. Disponível em: <<http://www.alcpar.org.br/associados/mapa.php>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

BRASIL. Lei n.º 9.991, de 24 de julho 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9991.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9991.htm)>. Acesso em: 23 set. 2016.

BRASIL. Lei n.º 13.299, de 21 de junho de 2016. Altera a Lei n.º 9.074, de 7 de julho de 1995, a Lei n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei n.º 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei n.º 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei n.º 12.783, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, e a Lei n.º 13.182, de 3 de novembro de 2015; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/L13299.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13299.htm)>. Acesso em: 23 set. 2016.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Projeto Probiogás. **Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto**. Brasília: Ministério das Cidades, 2015.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). **Regras de comercialização: cálculo do desconto aplicado à TUSD/TUST**. Versão 2016.1.0. Disponível em: <[www.ccee.org.br](http://www.ccee.org.br)>. Acesso em: 11 jun. 2016.

CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOMASSA - CIBIO2016, 15 e 16 jun. 2016, FIEP, Curitiba.

COPEL DISTRIBUIÇÃO S/A. **NTC 905100 – Normas Técnicas Copel**: acesso de geração distribuída ao sistema da Copel. Curitiba, dez. 2013.

COPEL DISTRIBUIÇÃO S/A. **Contribuições referente à consulta pública n.º 005/2014**. 2014. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta\\_publica/documentos/COPEL%20DIS%20CP%20005\\_2014.pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/COPEL%20DIS%20CP%20005_2014.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2016.

COPEL DISTRIBUIÇÃO S/A. **NTC 905200 – Normas Técnicas Copel**: acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da Copel. Curitiba, março 2016.

EISFELD, Rozane de L.; NASCIMENTO, Augusto F. do. **Mapeamento dos plantios florestais do Estado do Paraná: pinus e eucalyptus**. Curitiba: Instituto de Florestas do Paraná, 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balço energético nacional 2015 - Ano base 2014**: Relatório síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2015. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese.aspx?anoColeta=2015&anoFimColeta=2014>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

GUADAGNIN, Cláudia. Sem zerar ICMS, Paraná pode ficar de fora de boom de energia "caseira". **Gazeta do Povo**, Curitiba, 05 jun. 2016. Energia e sustentabilidade.

GUEVARA, Alejandra P. **Análise dos condicionantes para aumento da oferta da energia elétrica a partir do Biogás no Brasil**. 2015. 64 f. Monografia (Especialização em Energias Renováveis) – Departamento de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA APLICADA E INOVAÇÃO (ITAI). **Projetos e serviços**. Disponível em: <<http://itai.org.br/projetos-e-servicos/>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

KLABIN. **Apresentação Institucional – 1T16**. 2016. Disponível em: <<http://klabin.infoinvest.com.br/ptb/3113/KLABIN%20Apresentao%20Institucional%201T16.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2016.

LANDIS+GYR. **Medidor Eletrônico Multifunção Fronteira, Industrial e Comercial**: Manual do Usuário. 1096700004 - Rev. 05 2016. 123 p.

MATOS LIMA JR., Luís C. de. **Avaliação experimental das perturbações causadas por diferentes tipos de sistemas de controle em usinas eólicas**. 2013. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MENEL, Mario. Entrevista concedida à CanalEnergia, maio 2016. Disponível em: <[http://www.canalenergia.com.br/zpublisher/materias/Artigos\\_e\\_Entrevistas.asp?id=111909](http://www.canalenergia.com.br/zpublisher/materias/Artigos_e_Entrevistas.asp?id=111909)>. Acesso em: 18 maio 2016.

MONTANHER, Weslle. Indústria canavieira do Paraná aponta a saída da crise energética. **Tribuna de Cianorte**, 26 ago. 2015. Disponível em: <<http://www.tribunadecianorte.com.br/estadual/2015/08/industria-canavieira-do-parana-aponta-a-saida-da-crise-energetica/1453452/>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

NAÇÕES UNIDAS. **Adoção do corpo Paris**. Trabalho apresentado na Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima – 21.<sup>a</sup> Conferência das Partes. Paris, 30 de novembro a 11 de dezembro de 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2016.

NOGUEIRA, Vinícius de F. G. **Geração distribuída usando geradores síncronos trifásicos**. 2011. 139f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2011.

OBSERVATÓRIOS SISTEMA FIEP. **Oportunidades da cadeia produtiva de biogás para o Estado do Paraná**. Curitiba: Senai/PR. 2016.

OLIVEIRA, Celso M. de. **Livro Biomassa Briquete WoodPellets**. Versão eletrônica e não comercial, 2015.

ORDOÑEZ, Ramona. Especialistas em energia criticam falta de planejamento do governo. **O Globo**, 12 jan. 2013. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/especialistas-em-energia-criticam-falta-de-planejamento-do-governo-7279591>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

POSSETTI, Gustavo R. C. **Seminário Nacional AESBE: Eficiência Energética na Sanepar**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.aesbe.org.br/up/files/SANEPAR%20-%20Gustavo%20Possetti.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

PUFAL, Ricardo Augusto. **Modelagem de cargas não lineares e rede de energia elétrica para simulação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado) – UFRS, Porto Alegre, 2012.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Pretendida contribuição nacionalmente determinada – iNDC**. Disponível em: <<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/ficha-pais/11915-contribuicao-brasil-indc-27-de-setembro>>. Acesso em: 03 maio 2016.

SILVESTRINI, Gladinston. Nem São Pedro Salva. **Revista Exame**, v.48, n.15, p.28, 2014.

TRANIN, Miguel et al. Usinas entregam consulta de acesso à rede ao presidente da Copel Participações. **Jornal Paraná**, Maringá, nov. 2015. Simpósio, p.3-9. Disponível em: <<http://jornalparana.com.br/edicoesAnterioresIntegra.php?id=51>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

**ANEXOS**

## **ANEXO A - QUESTIONÁRIO E LISTA DE PROFISSIONAIS ENTREVISTADOS**

### **A.1 - QUESTIONÁRIO Modelo de entrevista às Acessantes**

Nome do entrevistado:-----

Função:-----

Empresa:-----

Data entrevista: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Nome unidade geradora:-----

Localização da unidade geradora:-----

*Qual é a potência instalada atual da usina?*

*Qual é a energia média gerada/consumida ao ano?*

*Quando se deu o início da sincronização com a rede acessada?*

*Qual é o nível de tensão de geração?*

*Qual é o nível de tensão de conexão com a rede?*

*Quais são os aspectos de segurança exigidos na unidade geradora?*

*Quais foram os entraves técnicos e de QEE na conexão com a concessionária?*

*Quais foram os entraves administrativos na conexão?*

*Quais foram os entraves financeiros na conexão?*

*A empresa possui atualmente outros projetos com foco em eficiência energética, ou em energias renováveis?*

**A.2 - Lista de profissionais entrevistados**

*BATISTA, Altevir. Financeiro ALCOPAR, Maringá-PR*

*DUARTE, Rodrigo. Gerente SOLIDDA Energia, CIBIO2016-Curitiba-PR*

*EVANGELISTA, Carlos A. Presidente ABGD, CIBIO2016--Curitiba-PR*

*MACHADO, Marcos. Gerente LANDIS+GYR, Curitiba - PR*

*OMORI, Júlio S. Superintendência de Engenharia de Operação, Copel Dist.-PR*

*PESCH, Luiz Renato. Engenheiro, Klabin S.A.*

*POSSETTI, Gustavo R. C. Assessoria de Pesquisa e Desen., Sanepar – Curitiba-PR*

*SAITA, Eduardo. Engenheiro. ATEC/Usina Alto Alegre S.A*

*SILVA, Cláudio H. F. da. Gerente CEMIG, CIBIO2016 – Curitiba-PR*

*VILLARREAL, Ramón O. Consultoria ALCOPAR, Maringá-PR*

## ANEXO B - SÍNTESE DOS ENTRAVES E INCENTIVOS DETECTADOS NO TRABALHO

continua

Aspectos	Entraves	Incentivos	Impactos	Referência(s)
Técnicos	Limitação estrutural da rede da concessionária, no ponto de conexão.		Indisponibilidade de despacho (linhas e subestações coletoras) para o atendimento da demanda em Geração Distribuída, e ao atendimento eficiente aos demais consumidores. A falta de adaptações técnicas e critérios de conexão podem acarretar perda de estabilidade, má qualidade da energia, insegurança e comprometimento da otimização do sistema.	Contribuição Copel DIS referente à CP n.º 005/2014 Klabin S.A
Financeiros	Não adesão, até o momento, à isenção tributária Convênio ICMS 16/2015 no Paraná		No sistema de compensação incidência de ICMS de 29% sobre a totalidade da energia consumida	Projeto de Lei 378/2015
Financeiros	O acessante deverá arcar com os custos referentes a eventuais reforços e modificações no sistema de distribuição da concessionária, em função da conexão da minigeração		Imprevisibilidade no montante de contingência no planejamento financeiro da acessante	RN 687/2015
Financeiros	As centrais geradoras classificadas como minigeração deverão realizar, às suas custas, os estudos básicos e operacionais, caso sejam apontados como necessários pela distribuidora		Texto incluído na rev.6 do Modulo 3, que conduz a um aumento no montante de contingências no planejamento financeiro de centrais a minigeração	RN 687/2015
Financeiros		Investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica	As concessionárias de geração e empresas autorizadas à produção independente de energia elétrica ficam obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 1% de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, excluindo-se, por isenção, as empresas que gerem energia exclusivamente a partir de instalações eólica, solar, biomassa	Lei n.º 9.991 de 24 de julho de 2000 da ANEEL
Financeiros	Os frequentes "STOP and GO" dos investimentos no mercado das renováveis		Impossibilita os projetos renováveis de obterem uma credibilidade financeira perene.	CIBIO 2016
Financeiros		Concessão de redução em 50% das tarifas de uso dos sistemas de distribuição – TUSD - para usinas a biomassa com potência instalada entre 30 MW e 50 MW	Esse incentivo até então limitado a uma potência de 30 MW, permite incentivar usinas de grande porte a se conectarem com a rede.	Brasil, MP n.º 706/2015
Financeiros	Atual endividamento de parte das usinas sucroalcooleiras, devido à crise nos preços do mercado sucroalcooleiro		Retenção de créditos de financiamento o que retarda os investimentos para alavancar o setor.	CIBIO 2016
Regulatórios	A Resolução CONAMA n.º 237 classifica a silvicultura como atividade potencialmente causadora de degradação do meio ambiente		Retração nos empreendimentos de biomassa de origem florestal	CIBIO 2016
Regulatórios		Prazo para a realização da vistoria técnica pela acessada reduzido de 30 para 7 dias, para a micro e minigeração	Redução no prazo para o início do sistema de compensação	RN 687/2015

conclusão

<b>Aspectos</b>	<b>Entraves</b>	<b>Incentivos</b>	<b>Impactos</b>	<b>Referência(s)</b>
Regulatórios		Geração compartilhada e Autoconsumo remoto	Possibilidade do consumidor utilizar os créditos da compensação de energia em outras unidades previamente cadastradas dentro da mesma área de concessão, em local diferente do ponto de consumo.	RN 687/2015
Regulatórios	Instabilidade regulatória		Tanto acessantes quanto acessadas devem adaptar-se a repetidas revisões de normas técnicas. Indefinição orçamentária, que conduz aos "stop and go" nos investimentos.	RN 687/2015 CIBIO2016
Regulatórios	Morosidade no ambiente institucional em deliberações provenientes dos órgãos reguladores, no momento de aprovações e inspeções.		Comprometimento do cronograma de execução ou energização da usina.	Usina Alto Alegre

## ANEXO C - CAPACIDADE DE GERAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ – LISTA DE USINAS A BIOMASSA EM OPERAÇÃO

Porte	Conexão <sup>(1)</sup>	Nome da Usina	Data Operação	Potência (kW) Outorgada	Destino da Energia	Proprietário	Município	Fonte
Grande	Geração distribuída	PUMA	15/4/2015	330.000	PIE	<a href="#">100% para Klabin S.A.</a>	Ortigueira-PR	Licor Negro
	X	Miguel Forte	18/4/1998	16.000	PIE	<a href="#">100% para Miguel Forte Industrial S.A. - Papéis e Madeiras.</a>	União da Vitória-PR	Resíduos Florestais
	X	Ecoluz	7/11/2008	12.330	PIE	<a href="#">100% para NGE Ltda.</a>	Guarapuava-PR	Resíduos Florestais
	X	Berneck	-	12.000	PIE	<a href="#">100% para Berneck S.A. Painéis e Serrados.</a>	Araucária-PR	Resíduos Florestais
	Geração distribuída	Piraí	1/4/2006	9.000	PIE	<a href="#">100% para Centrais Elétricas Salto Correntes Ltda.</a>	Guarapuava-PR	Resíduos Florestais
	X	Santa Maria	26/11/2009	6.400	APE	<a href="#">100% para Santa Maria Companhia Papel e Celulose.</a>	Guarapuava-PR	Resíduos Florestais
Médio	Minigeração	Rickli	1/7/2015	5.000	REG	<a href="#">100% para Madeireira Rickli Ltda.</a>	Carambei-PR	Resíduos Florestais
	Minigeração	Pizzatto	-	2.000	REG	<a href="#">100% para Indústrias Pedro N. Pizzatto Ltda.</a>	General Carneiro-PR	Resíduos Florestais
Grande	Geração distribuída	USI (Antiga Unidade Santo Inácio - USI)	19/9/2007	30.000	PIE	<a href="#">100% para Usina Alto Alegre S.A Açúcar e Álcool.</a>	Santo Inácio-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
		USI BIO	4/6/2015	30.000	PIE	<a href="#">100% para Usina Alto Alegre S.A Açúcar e Álcool.</a>	Santo Inácio-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	Geração distribuída	Bio Coopcana	1/7/2012	60.000	PIE	<a href="#">100% para SPE Bio Coopcana S.A.</a>	Paraíso do Norte-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	Geração distribuída	Santa Terezinha	31/5/2006	50.500	PIE	<a href="#">100% para Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda.</a>	Tapejara-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	Geração distribuída	Usaciga	-	48.600	PIE	<a href="#">100% para Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda.</a>	Cidade Gaúcha-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	Geração distribuída	Santa Terezinha Paranacity	22/8/2009	46.000	PIE	<a href="#">100% para Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda.</a>	Paranacity-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	Geração distribuída	UFL	11/7/2014	42.000	PIE	<a href="#">100% para Usina Alto Alegre S.A Açúcar e Álcool.</a>	Florestópolis-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	Geração distribuída	UJU	1/6/1995	30.000	PIE	<a href="#">100% para Usina Alto Alegre S.A Açúcar e Álcool.</a>	Colorado-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Vale do Ivaí	2/5/2001	18.400	PIE	<a href="#">100% para Renuka Vale do Ivaí S.A.</a>	São Pedro do Ivaí-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	Geração distribuída	Destilaria Melhoramentos	15/5/2002	18.380	?	<a href="#">100% para DESTILARIA MELHORAMENTOS NOVA LONDRINA S.A.</a>	Jussara-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	Geração distribuída	Usaçúcar - Terra Rica	15/10/2009	16.500	APE	<a href="#">100% para Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda.</a>	Terra Rica-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	COSTA Bioenergia	11/7/2014	15.000	PIE	<a href="#">100% para Costa Bioenergia Ltda.</a>	Umarama-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Cocamar Maringá	26/1/2010	13.000	PIE	<a href="#">100% para Cocamar Cooperativa Agroindustrial.</a>	Maringá-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Santa Terezinha (Ivaté)	2/9/2009	9.000	APE	<a href="#">100% para Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda.</a>	Ivaté-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	Geração distribuída	Termocana	15/1/2014	16.000	PIE	<a href="#">Geo Energética em parceria com Coopcana e CPFL.</a>	São Carlos do Ivaí-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
X	Dacalda	1/9/2010	6.000	APE	<a href="#">100% para Dacalda Açúcar e Álcool Ltda.</a>	Jacarezinho-PR	Bagaço de Cana de Açúcar	
Médio	X	Jacarezinho	-	4.600	APE	<a href="#">100% para Companhia Agrícola Usina Jacarezinho.</a>	Jacarezinho-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Sabarálcool	1/4/2001	4.365	REG	<a href="#">100% para Sabarálcool S.A. – Açúcar e Álcool.</a>	Engenheiro Beltrão-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Coocarol	-	4.000	APE	<a href="#">100% para Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda.</a>	Rondon-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Cofercatu	-	4.000	REG	<a href="#">100% para Cooperativa Agropecuária dos Cafeicultores de Porecatu Ltda.</a>	Florestópolis-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	São Tomé	1/5/2004	4.000	APE	<a href="#">100% para Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda.</a>	São Tomé-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Vale do Ivaí - Cambuí	-	3.600	REG	<a href="#">100% para Renuka Vale do Ivaí S.A.</a>	São João do Ivaí-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Cooperval	-	3.600	REG	<a href="#">100% para Cooperativa Agrícola de Produtores de Cana do Vale do Ivaí Ltda.</a>	Jandaia do Sul-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Destilaria de Álcool Ibaiti	-	3.600	REG	<a href="#">100% para Destilaria de Álcool Ibaiti Ltda.</a>	Ibaiti-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Iguatemi (Antiga Santa Terezinha - Iguatemi)	1/6/1990	3.400	REG	<a href="#">100% para Usina de Açúcar Santa Terezinha Ltda.</a>	Maringá-PR	Bagaço de Cana de Açúcar
	X	Perobálcool	-	2.400	REG	<a href="#">100% para Perobálcool Indústria de Açúcar e Álcool Ltda.</a>	Perobal-PR	Bagaço de Cana de Açúcar

Porte	Conexão <sup>(1)</sup>	Nome da Usina	Data Operação	Potência (kW) Outorgada	Destino da Energia	Proprietário	Município	Fonte
Médio	Mini-geração	Toledo	28/1/2006	3.000	PIE	<a href="#">100% para Sadia S.A.</a>	Toledo-PR	Biogás - Resíduos Animais
	X	Dois Vizinhos	30/6/2003	1.980	REG	<a href="#">100% para Sadia S.A.</a>	Dois Vizinhos-PR	Biogás - Resíduos Animais
	X	Unidade Industrial de Aves	-	160	REG	-	Matelândia-PR	Biogás - Resíduos Animais
	X	Star Milk	-	110	REG	<a href="#">100% para Ibrahim Faiad.</a>	Céu Azul-PR	Biogás - Resíduos Animais
	Mini-geração	Ajuricaba	-	80	REG	<a href="#">100% para Município de Marechal Cândido Rondon.</a>	Marechal Cândido Rondon-PR	Biogás - Resíduos Animais
Pequeno	X	Unidade Industrial de Vegetais	-	40	REG	-	Itaipulândia-PR	Biogás - Resíduos Animais
	Microgeração	Granja Colombari	fev/2011	32	PIE	<a href="#">Granja São Pedro Colombari</a>	São Miguel do Iguaçu-PR	Biogás - Resíduos Animais
Médio	Minigeração	ETE Belem	11/1/2016	4.278	REG	<a href="#">100% para CURITIBA ENERGIA SPE LTDA.</a>	Fazenda Rio Grande-PR	Biogás - Resíduos Urbanos
	Minigeração	EAS Cascavel	1/1/2016	300	?	<a href="#">Prefeitura de Cascavel</a>	Cascavel-PR	Biogás - Resíduos Urbanos
Pequeno	Microgeração	ETE Ouro Verde	-	20	REG	<a href="#">100% para Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar.</a>	Foz do Iguaçu-PR	Biogás - Resíduos Urbanos

Fonte: ANEEL (2015a); ALCOPAR (2016).

Nota: APE - Autoprodução de Energia; PIE - Produção Independente de Energia; REG - Registro; REG-RN482- Registro mini micro Geradores RN482/2012; SP - Serviço Público.

(1) Cfe. ANEEL - PRODIST Módulo 1 Rev. 9 - item 2.

## ANEXO D - TABELA DE CÓDIGOS ANSI PARA RELÉS DE PROTEÇÃO

Nr	Denominação
1	Elemento Principal
2	Relé de partida ou fechamento temporizado
3	Relé de verificação ou interbloqueio
4	Contator principal
5	Dispositivo de interrupção
6	Disjuntor de partida
7	Relé de taxa de variação
8	Dispositivo de desligamento da energia de controle
9	Dispositivo de reversão
10	Chave comutadora de sequência das unidades
11	Dispositivo multifunção
12	Dispositivo de sobrevelocidade
13	Relé de rotação síncrona
14	Dispositivo de subvelocidade
15	Dispositivo de ajuste ou comparação de velocidade e/ou frequência
16	Dispositivo de comunicação de dados
17	Chave de derivação ou de descarga
18	Dispositivo de aceleração ou desaceleração
19	Contator de transição de partida-marcha
20	Válvula operada eletricamente
21	Relé de distância
22	Disjuntor equalizador
23	Dispositivo de controle de temperatura
24	Relé de sobreexcitação ou Voltz por Hertz
25	Relé de verificação de Sincronismo ou Sincronização
26	Dispositivo térmico do equipamento
27	Relé de subtensão
28	Detector de chama
29	Contator de isolamento
30	Relé anunciador
31	Dispositivo de excitação
32	Relé direcional de potência
33	Chave de posicionamento
34	Dispositivo master de sequência
35	Dispositivo para operação das escovas ou curto-circuitar anéis coletores
36	Dispositivo de polaridade ou polarização
37	Relé de subcorrente ou subpotência
38	Dispositivo de proteção de mancal
39	Monitor de condições mecânicas
40	Relé de perda de excitação ou relé de perda de campo
41	Disjuntor ou chave de campo
42	Disjuntor/chave de operação normal
43	Dispositivo de transferência ou seleção manual

44	Relé de sequência de partida
45	Monitor de condições atmosféricas
46	Relé de reversão ou desbalanceamento de corrente
47	Relé de reversão ou desbalanceamento de tensão
48	Relé de sequência incompleta/ partida longa
49	Relé térmico
50	Relé de sobrecorrente instantâneo
51	Relé de sobrecorrente temporizado
52	Disjuntor de corrente alternada
53	Relé para excitatriz ou gerador CC
54	Dispositivo de acoplamento
55	Relé de fator de potência
56	Relé de aplicação de campo
57	Dispositivo de aterramento ou curto-circuito
58	Relé de falha de retificação
59	Relé de sobretensão
60	Relé de balanço de corrente ou tensão
61	Sensor de densidade
62	Relé temporizador
63	Relé de pressão de gás (Buchholz)
64	Relé detector de terra
65	Regulador
66	Relé de supervisão do número de partidas
67	Relé direcional de sobrecorrente
68	Relé de bloqueio por oscilação de potência
69	Dispositivo de controle permissivo
70	Reostato
71	Dispositivo de detecção de nível
72	Disjuntor de corrente contínua
73	Contator de resistência de carga
74	Relé de alarme
75	Mecanismo de mudança de posição
76	Relé de sobrecorrente CC
77	Dispositivo de telemedição
78	Relé de medição de ângulo de fase/ proteção contra falta de sincronismo
79	Relé de religamento
80	Chave de fluxo
81	Relé de frequência (sub ou sobre)
82	Relé de religamento de carga CC
83	Relé de seleção/ transferência automática
84	Mecanismo de operação
85	Relé receptor de sinal de telecomunicação (teleproteção)
86	Relé auxiliar de bloqueio
87	Relé de proteção diferencial

88	Motor auxiliar ou motor gerador
89	Chave seccionadora
90	Dispositivo de regulação (regulador de tensão)
91	Relé direcional de tensão
92	Relé direcional de tensão e potência
93	Contator de variação de campo
94	Relé de desligamento
95	Usado para aplicações específicas
96	Relé auxiliar de bloqueio de barra
97 à 99	Usado para aplicações específicas
150	Indicador de falta à terra
AFD	Detector de arco voltaico
CLK	Clock
DDR	Sistema dinâmico de armazenamento de perturbações
DFR	Sistema de armazenamento de faltas digital
ENV	Dados do ambiente
HIZ	Detector de faltas com alta impedância
HMI	Interface Homem-Máquina
HST	Histórico
LGC	Esquema lógico
MET	Medição de Subestação
PDC	Concentrador de dados de fasores
PMU	Unidade de medição de fasores
PQM	Esquema de monitoramento de potência
RIO	Dispositivo Remoto de Inputs/Outputs
RTU	Unidade de terminal remoto/Concentrador de Dados
SER	Sistema de armazenamento de eventos
TCM	Esquema de monitoramento de Trip
SOTF	Fechamento sob falta