

# Análise de Perdas em um Alimentador Rural para Implantar Geração Distribuída e Melhorar Qualidade da Energia Elétrica Fornecida

Anderson Weber Schenkel, Luciane Neves Canha,  
Sandi da Costa Gehm

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM  
anderson.wschenkel@hotmail.com,  
lucianecanha@ufsm.br, sandigehm@hotmail.com

Alan Cambraia, Douglas Schreiner Kirsten, Émerson  
Feix Vaz, Mauro Fonseca Rodrigues

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio  
Grande do Sul - UNIJUÍ  
alan.cambraia@hotmail.com, douglasunijui@gmail.com,  
feixvaz@hotmail.com, mauro.rodrigues@gmail.com

**Resumo** — As perdas técnicas somam mais de 16% da energia elétrica no Brasil. Em ramais rurais de distribuição esse impacto é, por vezes, maior, principalmente pelo menor número de consumidores e o uso irregular de cargas. Nesse contexto, este estudo apresenta os dados reais de um alimentador rural operando no seu limite de carga, analisa as prováveis causas e propõe, através da inserção de Geração Distribuída (GD), soluções possíveis a partir da realidade dos produtores rurais locais. Para as análises foram usadas simulações computacionais para verificar os dados obtidos, apresentar as causas e soluções que poderão ser implementadas de forma a melhorar a qualidade da energia elétrica fornecida, além de diminuir o número de paradas do alimentador por excesso de carga. Por fim, é realizada a análise do impacto de uma parada no fornecimento e a implicação na produção agropecuária, como agroindústrias, que pode perder sua produção gerando ônus para a concessionária e sociedade. Assim, com a GD, esse impacto fica pormenorizado e pode gerar benefícios para concessionária e consumidor. Deste modo, o produtor poderá não ter interrupções no fornecimento de energia elétrica e poderá oferecer um produto de melhor qualidade para a população, além de não ter o risco de sua produção ser perdida.

**Palavras-chaves** — Geração Distribuída. Distribuição de energia elétrica. Eletrificação rural. Biodigestores. Alimentador rural.

## I. INTRODUÇÃO

As redes de distribuição de energia elétrica vêm tendo aumento de potência requerida nos últimos anos. Devido à necessidade do uso da tecnologia no meio rural, os produtores rurais adquiriram cada vez mais equipamentos, e o aumento da demanda de energia nos alimentadores foi uma consequência. Com isso as redes de distribuição rural tiveram que se reestruturar nos padrões exigidos pela Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica).

A GD (Geração Distribuída) é uma alternativa para o produtor rural e a concessionária de energia elétrica ampliar a capacidade de fornecimento de energia elétrica, diminuindo

as perdas e melhorando a qualidade da energia elétrica no meio rural [1].

A geração distribuída traz diversas vantagens para o sistema elétrico brasileiro, os quais pode se destacar a ampliação dos prazos em investimentos na expansão dos sistemas de distribuição e transmissão, o baixo impacto ambiental, a melhoria do nível de tensão da rede no período de pesada carga, a diversificação da matriz energética, o aumento da qualidade de energia e a minimização das perdas [2].

O estudo analisa as causas e propõe soluções a partir da realidade das instalações agropecuárias do Noroeste do Estado do RS. Grande parte dos consumidores rurais têm sistemas de confinamento para criação de animais (vacas, suínos, aves, entre outros animais), porque assim reduzem o seu custo de produção com a pecuária intensiva, mas ao mesmo tempo geram resíduos e gases, como o biogás, que são prejudiciais ao meio ambiente. Sob outro enfoque, esses resíduos podem ser aproveitados para gerar energia, o que melhoraria os níveis de tensão do alimentador e ajudaria na diminuição do aquecimento global [3].

Como o alimentador rural está operando no seu limite, haverá problemas de qualidade de energia, tais como, perdas de energia, sobtensões nas linhas, problemas de balanceamento no sistema, afundamentos de tensão, excesso de carga indutiva, que gera a diminuição do fator de potência, entre outros. Todos esses problemas de qualidade de energia poderiam ser sanados ou diminuídos com a entrada de uma GD, o que será apresentado no estudo.

Assim, percebe-se que, nos dias atuais, a energia elétrica é um insumo importante na produção agropecuária. Visando a melhoria da qualidade de energia para os consumidores dessa área, este estudo mostrará a importância das fontes renováveis e o quanto as mesmas podem se tornar úteis para um alimentador rural que opera em seu limite de carga.

## II. ENERGIA NO MEIO RURAL

O meio rural é responsável por cerca de 22% do PIB brasileiro [4]. No entanto, os recursos de energia ainda são escassos e não apresentam constância no fornecimento [5] da prestação deste serviço, o que acaba criando inúmeras dificuldades para que as agroindústrias mantenham seus produtos e matérias-primas em condições de uso e consumo, levando à perda de insumos e de produção. Esse problema acaba onerando as concessionárias de energia em indenizações judiciais, além dos transtornos gerados para as duas partes envolvidas.

A energia elétrica nas instalações rurais é indispensável, pois além de servir para iluminação, aquecimento, refrigeração, impulsionar motores e máquinas, também é responsável por trazer o alimento em perfeitas condições para toda a população. Essa eletricidade pode chegar ao produtor através de duas maneiras principais: grandes redes de distribuição, através das concessionárias de energia, ou por produção local, através de fontes renováveis incentivadas, conectadas ou não na rede elétrica convencional.

A carência de eletrificação rural, ainda existente, constitui um dos problemas do sistema elétrico brasileiro. O problema se agrava quando as propriedades rurais se encontram muito distantes dos centros de carga. Grandes distâncias, baixa densidade de consumidores por quilômetro e escassez de recursos colaboram para a duração da falta de energia elétrica na zona rural. Governos federais e estaduais lançaram esforços para prover energia elétrica aos proprietários rurais.

A Fig. 1 mostra um poste caído devido algum acidente, e mais adiante um ponto de conexão de uma geração distribuída. Essa GD ajuda a minimizar o problema de fornecimento de energia elétrica, onde os consumidores localizados à jusante do ponto de conexão da GD seriam normalmente atendidos pela fonte geradora, desde que ela possua energia suficiente para suprir as cargas e tenha capacidade de sincronismo local, funcionando sem a rede elétrica. Esse tipo de analogia permitiria um ganho em qualidade e evitaria a perda do ramal de distribuição totalmente.

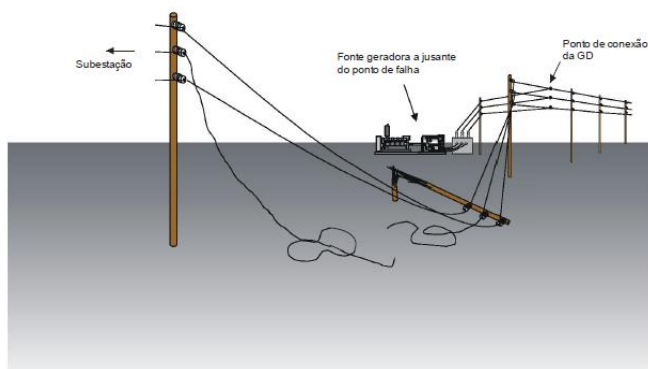


Fig. 1. Exemplo de como a GD pode ser útil ao produtor.

Isso mostra que a GD pode desempenhar um papel muito importante na área rural, facilitando a vida do produtor, através da garantia de fornecimento, não correndo risco tão sério de ficar dias sem energia elétrica prejudicando sua produção e renda. Além disso, a GD pode proporcionar um alívio para sistemas de distribuição e transmissão em condições de sobrecarga ou congestionamento, reduzindo

investimentos e contribuindo para o aumento na versatilidade dos sistemas de transmissão.

Alguns aspectos importantes que podem levar o consumidor a optar por outra forma de gerar energia elétrica e os benefícios que a mesma pode causar para a transmissão de energia:

- a má qualidade de energia elétrica;
- as vantagens que a Geração Distribuída (GD) pode causar para um alimentador rural;
- os diversos problemas de qualidade de energia que podem ser sanados com a entrada de Geração Distribuída.

Embora a energia elétrica rural seja subsidiada no seu valor final, a produção agropecuária, necessita de energia para sua continuidade, bem como manter o mínimo de conforto ao morador dessa região. Eventos críticos relatados podem ocasionar paradas prolongadas nesses ramais rurais por serem de difícil acesso e representarem uma fatia menor de consumidores, onerando menos a concessionária em seus indicadores operacionais junto à Aneel. Todos esses fatores são argumentos para a entrada da GD nesse ambiente, com alguns ajustes que a tornem capaz de suprir as cargas, sincronizando localmente o sistema de geração, em caso de perda do ramal principal, atendendo a carga mais crítica do produtor.

A GD contribuirá com o sistema elétrico nacional quanto à confiabilidade e estabilidade, pois pode diminuir a dependência do parque gerador com despacho centralizado, mantendo reservas próximas aos centros de carga [6].

## III. ESTUDO DO CASO DE UM ALIMENTADOR DE ENERGIA

Esse capítulo irá descrever o estudo de um alimentador rural para inclusão de geração distribuída, TABELA I. O alimentador é o AL-203, nomenclatura adotada pela CERILUZ, cooperativa da região que cedeu os dados, para designar seus circuitos de distribuição. Possui uma extensão total de 24 km, sendo 13,1 km sua extensão principal e o restante derivações do circuito principal, uma com 6,36 km e outra com 4,54 km.

TABELA I. Informações alimentador AL-203.

| Transformador 10 MVA – na subestação          |         |                     |
|-----------------------------------------------|---------|---------------------|
| Distância do Ponto Fictício Sugerido para CGD |         | 24 km da Subestação |
| Trecho 1                                      | CAA 4/0 | 13,1 km             |
| Trecho 2                                      | CAA 1/0 | 6,36 km             |
| Trecho 3                                      | CAA 2   | 4,54 km             |

O alimentador AL-203, possui um transformador de 10 MVA na subestação e diferentes tipos de cabos em cada um dos trechos, porém, todos feitos em alumínio e aço.

O circuito possui 1055 transformadores de distribuição, sendo 1023 pertencentes à cooperativa CERILUZ e 32 de proprietários particulares. Nesse alimentador rural encontram-se transformadores de 5 kVA, 15 kVA, 25 kVA, 30 kVA, 45 kVA, 75 kVA, 112,5 kVA, 150 kVA, 225 kVA, 300 kVA, 375 kVA, 525 kVA, 600 kVA e 750 kVA. A cooperativa tem transformadores de até 112,5 kVA (nesse trecho), acima disso são transformadores particulares, muitas vezes usados para sistemas de irrigação ou onde a demanda é muito alta. A potência instalada no alimentador AL-203 é de 26,11 MVA

para atender 2328 consumidores espalhados ao longo do trecho, TABELA II.

TABELA II. Municípios atingidos pelo AL-203.

| Municípios atingidos | Número de consumidores atingidos |
|----------------------|----------------------------------|
| Ijuí                 | 538                              |
| Catuípe              | 1384                             |
| Chiapetta            | 301                              |
| Coronel Barros       | 5                                |
| Inhacorá             | 65                               |
| Santo Ângelo         | 24                               |
| Independência        | 3                                |
| Giruí                | 8                                |
| <b>Total</b>         | <b>2328</b>                      |

A CERILUZ trabalha com dois grupos de clientes: que usam média tensão, geralmente indústrias, irrigações ou grandes complexos comerciais; e que utilizam baixa tensão, que corresponde aos clientes residenciais.



Fig. 2. Alimentador AL-203.

Para que a realização deste estudo fosse possível, a cooperativa CERILUZ forneceu os materiais necessários. Os gráficos que serão exibidos a seguir foram realizados a partir das informações cedidas pela empresa e são com referência ao momento de maior carregamento histórico, ou seja, no pior dos casos, onde houve a maior carga registrada em período de amostragem realizado em 2015.

#### IV. RESULTADOS PARTE I

As cooperativas de eletrificação rural têm potencial para contribuir diretamente na renda do produtor agropecuário, mas as perdas e falhas na qualidade de energia fornecida oneram ambas as partes, fig. 3.

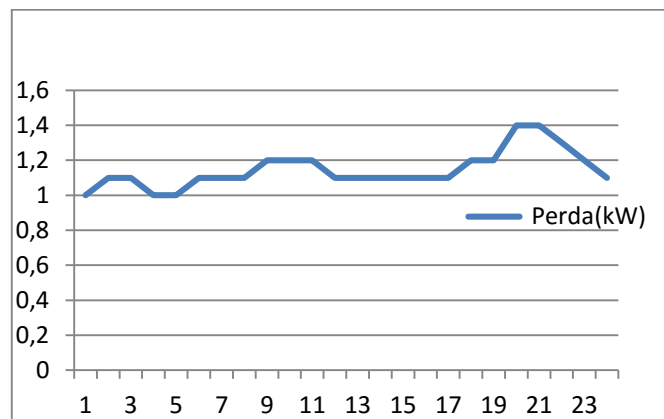


Figura. 3. Perdas no alimentador.

A figura 3, apresenta as perdas do alimentador em kW e o tempo em horas. Nota-se que neste gráfico as perdas são na parte da noite, mais precisamente das 19 às 23 horas, horário que geralmente os consumidores estão em suas residências tomando banho usando água aquecida através do chuveiro elétrico (carga resistiva), com ar condicionados ligados, entre outros equipamentos, além do uso recomendado de irrigação ao anoitecer.

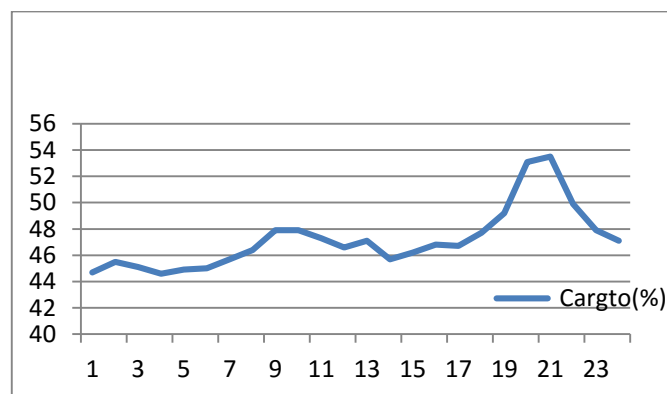


Figura. 4. Carga total do alimentador.

Na figura 4 encontra-se a carga total do alimentador. Nota-se que o horário de pico de carga é o mesmo das perdas, ou seja, das 19 às 23 horas. Basicamente, isso explica porque nesses horários necessita maior corrente, isso, consequentemente, gera redução na tensão fornecida pela concessionária (subtensões nas linhas), gráfico 3.

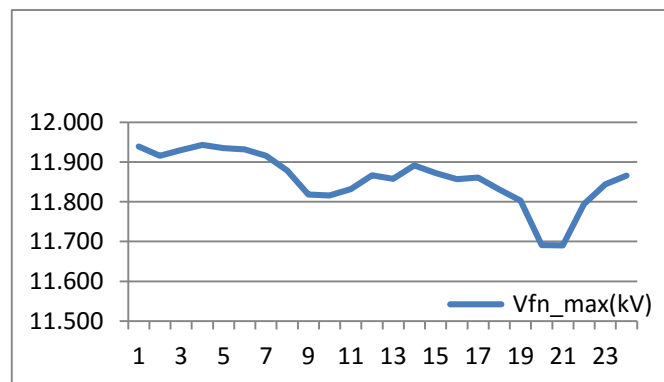


Figura. 5. Tensão fase e neutro máxima.

No gráfico de tensão máxima de fase e neutro, figura 5, compreende-se que ocorre um afundamento de tensão, justamente nos horários de carga máxima e de maiores perdas do alimentador. Basicamente, afundamento de tensão é a redução do valor eficaz da tensão por um período de curta duração [7].

Um afundamento de tensão em alimentadores trifásicos pode ser causado geralmente por comutação de grandes cargas ao circuito, que gera aumento extremo da corrente solicitada do alimentador.

Nesse caso, percebe-se que há um período prolongado de afundamento de tensão o que altera as relações de transformadores e pode ocasionar falhas nos equipamentos elétricos dos clientes.

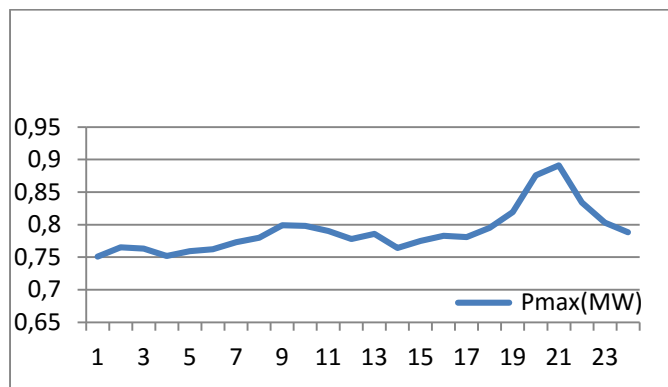


Figura 6. Potência ativa máxima do alimentador.

Nota-se que na curva de carga da figura 6, o horário de pico do sistema monitorado é as 20 horas. Neste horário seria de grande importância ter uma geração distribuída injetando energia elétrica na rede, desta maneira não sobrecarregaria tanto o alimentador rural. Beneficiando na qualidade de energia do produtor, na melhoria do nível de tensão da rede e na diminuição das perdas do sistema.

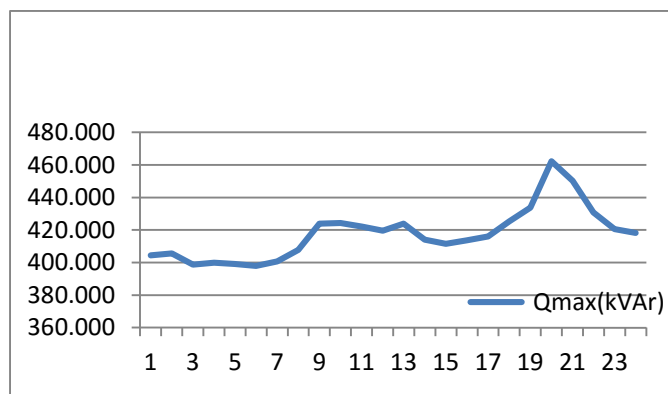


Figura 7. Potência reativa máxima do alimentador.

As cargas que estão atuando nos horários de pico são bastante indutivas, conforme apresenta a fig. 8. Provavelmente, isto ocorre por causa dos resfriadores de leite, ordenhadeiras, transferidores, entre outros equipamentos utilizados pelos produtores de leite e também pelo uso de ar condicionado.

Outro fator que contribui para esse aumento de carga indutiva são os sistema de irrigações utilizados pelos

agricultores, na cooperativa Ceriluz existem horários reservados para esse tipo de carga, conforme TABELA III.

TABELA III. Horários de irrigação.

| GRUPO A           |                                                                    |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Horário de ponta  | 18:30 às 21:30h                                                    |
| Horário reservado | 21:30 às 06:00h (recebe 70% de desconto no valor da tarifa)        |
| Horário normal    | 06:00 às 18:30h (paga tarifa de irrigante)                         |
| GRUPO B           |                                                                    |
| Horário de ponta  | Não tem horário de ponta (paga tarifa normal da propriedade rural) |
| Horário reservado | 21:30 às 06:00h (recebe 60% de desconto no valor da tarifa)        |
| Horário normal    | 06:00 às 18:30h (paga tarifa normal da propriedade rural)          |

Esses horários de irrigação beneficiam tanto o produtor rural como a cooperativa. O produtor rural usando o horário reservado para fazer a irrigação da sua lavoura ganha um desconto significativo em sua fatura, e a concessionária além de fornecer uma energia de melhor qualidade, consegue deixar sua rede menos sobrecarregada.

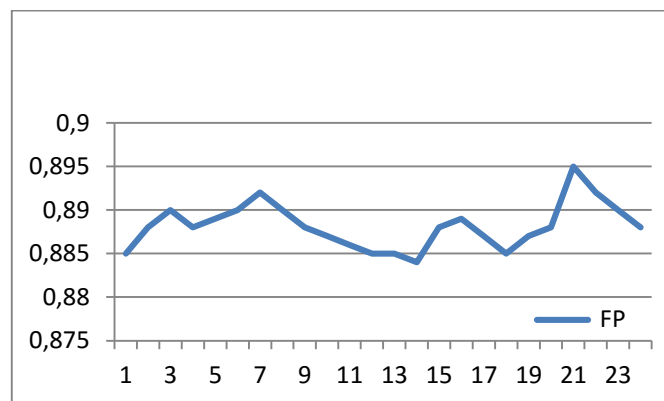


Figura 8. Fator de potência do alimentador.

A fig. 8 mostra a variação do fator de potência durante o dia. Para corrigir o baixo fator de potência é feita uma análise das causas que levam a utilização excessiva de energia reativa. Uma forma de reduzir a circulação de energia reativa no sistema elétrico, consiste em produzir a mesma o mais próximo da carga possível, com a utilização de capacitores. Instalando capacitores junto às cargas indutivas, a circulação de energia reativa fica limitada a estes equipamentos [8].

A correção do fator de potência interfere diretamente na qualidade de energia distribuída pela rede elétrica, além da melhoria da tensão e na redução das perdas. Além disso, traz diversas vantagens para a concessionária o bloco de potência deixa de circular no sistema de transmissão e distribuição, evita perdas pelo efeito Joule, aumenta a capacidade do sistema de transmissão e distribuição para conduzir o bloco de potência ativa, aumenta a capacidade de geração com o intuito de atender mais consumidores e diminui os custos de geração.

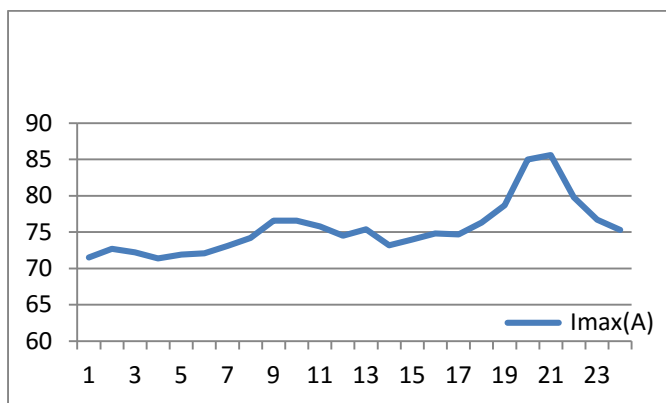


Figura. 9. Corrente máxima.

Percebe-se na fig. 9 que a corrente máxima é de 86 A e esta deve direcionar todos os esforços da concessionária para dimensionamento dos circuitos. Além disso, o FP abaixo de 0,9 cria aspectos de correntes consumidas e não tarifadas na rede do alimentador.

Após a análise de todos os gráficos, propõem-se duas alternativas viáveis de fontes renováveis para implementar neste alimentador. A primeira seria a solar, que vem tendo grande crescimento na indústria brasileira, porém os horários de pico de carga são das 19 às 23 horas onde não se tem mais luz solar, assim teria que ser implementado um banco de baterias junto ao sistema o que onera o sistema e dificulta sua operação e manutenção [9].

A segunda opção seria o uso de biodigestor, que é basicamente uma câmara fechada na qual a biomassa é fermentada e libera o biogás que é utilizado para gerar energia elétrica. Esta opção seria a mais adequada, principalmente pelo perfil dos consumidores em ramais rurais, pois nos horários de pico ela poderia trabalhar normalmente e ajudar a diminuir essas falhas. No Brasil é uma fonte renovável ainda pouco utilizada, mas em países da Europa, como Alemanha, essa fonte de energia tem número considerável de aplicações para geração de energia elétrica. Além disso, há na região em estudo, um número significativo de produtores que aplicam a pecuária intensiva, como suinocultura, avicultura, gado de corte, etc [10].

Todos esses gráficos citados permitem concluir que ao ser implementado sistemas de GD nas localidades que demandam mais energia, poderia diminuir consideravelmente os problemas do alimentador, principalmente se o foco for no horário de pico, visto que teria geração local para atendimento das correntes de pico iniciais para todos os sistemas motorizados eletricamente e as cargas utilizadas nesse período.

## V. RESULTADOS PARTE II

Analisando os gráficos pode-se perceber que os instantes de maior perda e maior queda de tensão são causados no mesmo instante em que a carga total é elevada. Considerando que o alimentador apresenta características indutivas, podemos concluir que quanto maior a demanda de corrente no alimentador maior é a queda de tensão, pois as características indutivas da linha geram oposição instantânea à variação de corrente, o que desequilibra o alimentador. Esse

fator acaba ocasionando perdas e relações de transformação diferentes das programadas em projeto da linha.

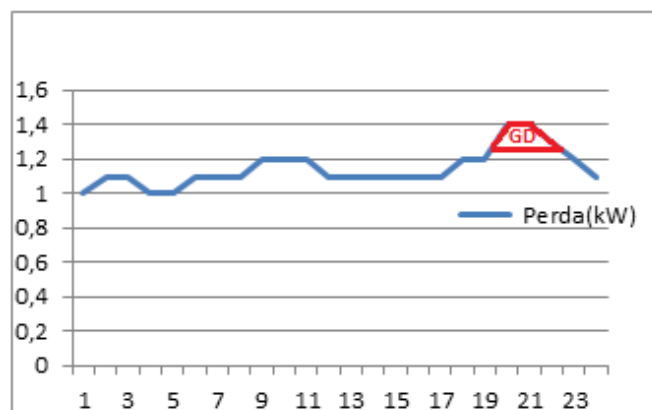


Figura. 10. Perdas no alimentador com possível inserção de GD.

As fig. 10 e 11 apresentam uma perspectiva de diminuir a queda de tensão e as perdas quando instalado um sistema de geração distribuída, desta forma não sobrecarregaria tanto o alimentador. Estes níveis podem variar de acordo com a capacidade do sistema de GD. Os gráficos também apresentam uma nomenclatura GD em vermelho, o qual serve para mostrar uma provável diminuição das perdas e do afundamento de tensão quando a geração descentralizada estiver operando, baseando-se no estudo de potencial de geração a partir da biomassa apresentado em [10]. A fig. 10 insere sobre a fig. 3 o potencial de GD de forma controlada de acordo com o pico de consumo detectado para atenuar esse acréscimo repentino, ocasionado, principalmente, pelas características de sobrecarga no alimentador.

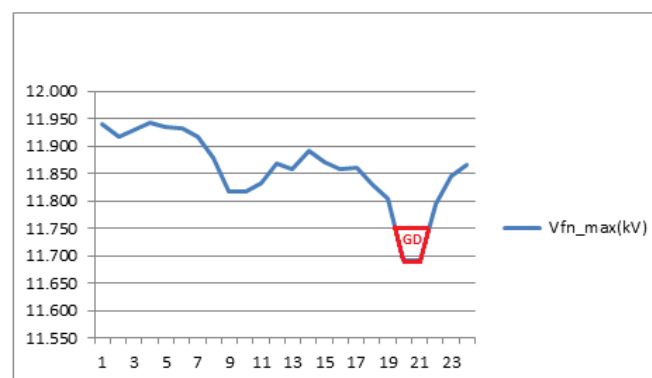


Figura. 11. Tensão fase e neutro máxima com possível inserção de GD.

A fig 11 coloca sobre a fig. 5 a inserção de GD coordenada para atenuar a subtensão no alimentador estudado. A perspectiva é tornar a subtensão ocorrida (superior a 2%), sempre inferior a esse patamar, no mínimo (em torno de 1,5%). O modelo matemático ainda se encontra em fase de construção. Portanto, esta aplicação baseou-se nos estudos de [10], aplicando de forma ordenada esse potencial para garantir os níveis de tensão, diminuindo as perdas, diretamente sobre os dados que geraram os gráficos obtidos com os valores reais.

O panorama de geração distribuída no Brasil ainda é pequeno, mas a tendência é crescer com o passar dos anos.

Visto que, algumas normas foram ajustadas e melhoradas como, agora é possível gerar sua energia e em caso de excedente de energia injetada na rede, cria-se um crédito de energia *Resolução Normativa ANEEL nº687/2016*, que ainda não é possível ser revertido em dinheiro, mas pode ser utilizado para abater o consumo da unidade consumidora nos meses subsequentes ou em outras unidades de mesma titularidade (desde que todas as unidades estejam na mesma área de concessão), com validade máxima de 60 meses. Ainda é possível criar um consórcio de geradores onde todos podem compartilhar os créditos obtidos, abatendo de duas contas de energia, conforme cotas da sociedade.

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado neste artigo foi de um alimentador rural que está operando no seu limite, o que indica uma alta queda de tensão e afundamentos de tensão, com vistas a explorar a inclusão de uma geração distribuída, visando a melhora dos índices do alimentador, que é benéfico tanto para a cooperativa de eletrificação rural, quanto para o consumidor, que receberá uma energia de melhor qualidade.

Para realizar o estudo a Ceriluz forneceu os dados de um alimentador rural em uma planilha que continha os valores de carga máxima, de perdas, tensão por fases e neutro, desequilíbrio, potências ativas e reativas, fator de potência do sistema, corrente máxima entre outros fatores.

Feita a análise, percebeu-se que os horários de pico da maior carga, das maiores perdas e do maior afundamento de tensão do alimentador eram sempre os mesmos. Aconteciam na parte da noite, das 19 às 23h, constatando-se que as cargas que estão atuando neste momento são bastante indutivas, pois, nesses horários estão ligados resfriadores de leite, transferidores, ar condicionados e, em épocas de plantio/cultivo, os sistemas de irrigação. Com isso, será possível criar um modelo matemático preciso das cargas sobre o alimentador.

Com o excesso de energia reativa o fator de potência diminui, e isso é prejudicial ao sistema uma vez que, leva ao aumento de perdas. Para isso é necessário fazer a correção do fator de potência através da utilização de capacitores, pois, a qualidade de energia do consumidor está diretamente ligada ao alto fator de potência, além de beneficiar o consumidor, traz diversos benefícios para a concessionária de energia. O excesso de energia reativa também leva ao aumento da corrente, e isso leva à queda de tensão acentuada, podendo ocorrer interrupções de energia elétrica e à sobrecarga em certos elementos da rede.

Após ser feita a análise de todos os gráficos, se conclui que a melhor fonte renovável de energia para incluir no alimentador rural seria proveniente de biodigestores, inserindo essa energia de forma coordenada no alimentador. Seria a mais adequada, principalmente pelo perfil dos consumidores deste ramal rural, pois nos horários de pico o gerador poderia trabalhar normalmente e ajudar a diminuir essas falhas ocasionadas pela grande demanda.

No Brasil os biodigestores ainda são uma fonte renovável pouco utilizada, mas em países da Europa, como Alemanha, essa fonte de energia tem número considerável de aplicações para geração de energia elétrica. Além disso, há, na região em estudo, um número significativo de produtores que aplicam a pecuária intensiva, como suinocultura, avicultura, gado de corte, etc [10].

Por fim, a necessidade de uma energia elétrica de maior qualidade, juntamente com o constante aumento de carga, tem colocado a geração distribuída como uma alternativa viável para melhorar esses aspectos de falha apresentados neste levantamento. Assim, traz muitos benefícios para o sistema elétrico, como, menor queda de tensão e menores perdas no sistema, boa melhora nos afundamentos de tensão, diminuindo assim tantas paradas do sistema.

## VII. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando os resultados obtidos neste trabalho, podem ser sugeridos os seguintes assuntos para serem realizados em pesquisas futuras:

- Concluir o modelo computacional do alimentador estudado;
- Realizar o estudo da implementação de um biodigestor em uma área próxima;
- Modelar e avaliar os impactos que a geração distribuída traz nas redes de distribuição;
- Propor um esquema de proteção para a geração distribuída apresentada;
- Analisar os aspectos da inserção da geração distribuída para controle de reativos;
- Cálculo do novo cenário com geração distribuída através do fluxo de potência.

## AGRADECIMENTO

À Capes e ao CNPQ pelas condições necessárias à divulgação do trabalho.

## VIII. REFERÊNCIAS

- [1] UNICAMP. (2002). **Energia meio rural, Mestrados em planejamento de sistemas elétricos.** *Energia meio rural*, p. pg.1. Acesso em 28 de 11 de 2015
- [2] ABRADÉE. (2012). **A distribuição de energia.** Acesso em 5 de 10 de 2015, disponível em: <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia>
- [3] Schenkel, Anderson. **Estudo de um alimentador de distribuição de energia elétrica para inclusão de geração distribuída.** Acesso em 22 de 10 de 2016
- [4] CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Responsável por 23% do PIB.** Acesso em 21 de 9 de 2015, disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/noticias/2015/06/responsavel-por-23-do-pib-plano-safra-impulsiona-agropecuaria>
- [5] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Relatório BEN 2011.** Acesso em 22 de 8 de 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1++BEN+2015+-+Documento+Completo+em+Portugu%C3%AAs++Ingl%C3%AAs+%28PDF%29/22602d8c-a366-4d16-a15f-f29933e816ff?version=1.0>
- [6] ONS. **Desafios e caminhos para a operação das instalações elétricas e do SIN.** Acesso em 22 de 9 de 2015. Disponível em: [http://www.ons.org.br/mini\\_sites/senop/apresentacoes/2806-Debates-DesafiosOperacaoSIN\\_SEE-MME.pdf](http://www.ons.org.br/mini_sites/senop/apresentacoes/2806-Debates-DesafiosOperacaoSIN_SEE-MME.pdf)
- [7] Maia, Reinadlo Moreira. **Estudo de caso de afundamento de tensão.** Acesso em 13 de 11 de 2015.
- [8] WEG S.A. (2009). **Manual para correção do fator de potência.** Acesso em 29 de 10 de 2016, disponível em WEG: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf>

- [9] Rodrigues, Mauro Fonseca. **Análise da viabilidade econômica dos investimentos em pequenos aproveitamentos de geração de energia elétrica.** Acesso em 8 de 11 de 2016.
- [10] Dallepiane, Patrícia. **A geração de energia elétrica com biogás para atender agroindústrias, proteger o meio ambiente e melhorar fornecimento de energia no meio rural.** Acesso em 21 de 4 de 2016. Disponível em:  
[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:RdZfgEMeZTcJ:revistaelectronica.unicruz.edu.br/index.php/electronica/article/download/163-175/pdf\\_45+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:RdZfgEMeZTcJ:revistaelectronica.unicruz.edu.br/index.php/electronica/article/download/163-175/pdf_45+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)