

RINO JOSE GERALDO TEIXEIRA

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE APLICAÇÃO
DE GRUPOS MOTORES GERADORES EM
HOSPITAIS: EM PARTICULAR NO HOSPITAL
AMINAS EM BOM JESUS DO GALHO**

BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DOCTUM – MG

2015

RINO JOSE GERALDO TEIXEIRA

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE APLICAÇÃO
DE GRUPOS MOTORES GERADORES EM
HOSPITAL: EM PARTICULAR NO HOSPITAL
AMINAS EM BOM JESUS DO GALHO**

Monografia apresentada à banca examinadora do curso de engenharia elétrica do instituto doctum de educação e tecnologia como requisito parcial de obtenção do grau de bacharel em engenharia elétrica.

DOCTUM

CARATINGA – MG

2015

RINO JOSE GERALDO TEIXEIRA

Monografia submetida à comissão examinadora designada pelo curso de graduação em engenharia elétrica como requisito para obtenção do grau de bacharel.

EXAMINADOR 1

EXAMINADOR 2

EXAMINADOR 3

CARATINGA – 2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, especialmente aos meus pais, João Bosco e Marly, que sempre acreditaram em mim e nunca mediram esforços, para mim ajudar em busca de ser Feliz.

Dedico também à minha esposa Sâmmella e meu filho João Gabriel, que sempre mim apoiaram e mim deram forças para que eu pudesse enfrentar os desafios, sejam quais fossem, e assim, desenvolvesse meus estudos.

Ao professor orientador Vinicius Murilo Lima pelo seu empenho e dedicação nos diversos análise deste trabalho e ao coordenador do curso de bacharel em engenharia elétrica Joildo Fernandes Júnior que me incentivou nesta jornada em busca do conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Obrigada meu DEUS por esta vitória! “O Senhor é a minha fortaleza, meu escudo, aquele em quem me refugio (Sal. 144:2)”. Agradeço ao Senhor que ao longo desse curso me fez superar todos os obstáculos me proporcionando coragem para lutar até o fim. Tenho certeza que se não fosse à intervenção divina, este sonho jamais teria se tornado realidade em minha vida!

Sou muito grato a meu pai que agora se encontra nos braços do PAI, pelo exemplo de vida e tudo que fez por mim e mesmo não estando aqui para comemorar comigo esta vitória que também é parte deles, sinto muitas saudades, mas, ao mesmo tempo sei que esta foi a vontade de DEUS.

Agradeço a minha esposa Sâmmella e também a meu filho querido pela força, carinho, incentivo e amor. Sâmmella e João Gabriel, vocês são um presente de Deus em minha vida! Obrigado amores! Esta vitória é nossa!

Agradeço também a minha mãezinha querida, meus irmãos, sobrinhos, e todos familiares, obrigada pela presença fundamental de vocês em todos os momentos da minha vida, os sacrifícios e renúncias, a doação completa de cada dia, obrigada pelo amor e compreensão, a vocês meu carinho todo especial. Enfim a todos que torceram por mim. O meu Obrigado...

LISTA DE FIGURAS:

FIGURA 1.1: Gerador de energia

FIGURA 1.2: Gerador de energia.

FIGURA 2.1: Motor a diesel.

FIGURA 2.2: Motor a gás natural.

FIGURA 3.1: Tela inicial do GenSize.

FIGURA 3.2: Tela de dimensionamento do GenSize

FIGURA 3.3: Tela de configuração de carga para Raio-x

FIGURA 3.4: Imagem do quadro de cargas do GenSize.

LISTA DE GRÁFICOS:

GRÁFICO 2.1: Ciclo Otto P X V

GRÁFICO 2.2: Ciclo Otto T X S

GRÁFICO 2.3: Resposta RPM x tempo de governador eletrônico.

GRÁFICO 2.4: Resposta RPM x tempo de governador digital.

GRAFICO 3.1: Resposta transiente de tensão em grupo gerador com raio-x.

LISTA DE TABELAS:

TABELA 3.1: Dimensionamento de grupo gerador em função da potência do raio-x

TABELA 3.2: Consumo de combustível para o grupo motor gerador C20D06.

TABELA 3.3: Parâmetros para o grupo motor gerador C20D06.

LISTA DE EQUAÇÕES:

EQUAÇÃO 3.1: Custo da energia elétrica do grupo motor gerador (kWh)

EQUAÇÃO 3.2: Economia mensal gerada

RESUMO

O presente trabalho pretende avaliar os custos de uma implementação em paralelo de um grupo motor gerador em uma pequena planta Hospitalar, tendo como base a atual conjuntura de preços de tarifas elétricas, o trabalho é objetivo em avaliar financeiramente a aplicação dos vários grupos motores geradores disponíveis analisando sua potência máxima de geração, sua eficiência e o valor do combustível ao qual opera de forma que se justifique seu uso.

Palavra chave: Grupo motor gerador, microgeração, crise energética.

ABSTRACT

This study aims to assess the costs of implementing a generator engine group in a small industrial plant , based on the current situation of electricity rates prices , the work is objective in just financially assess the implementation of the various engine generators groups available analyzing maximum power generation efficiency and the amount of fuel which operates so that their use is justified .

Keywords: Engine generator set , microgeneration , energy crisis.

Sumário

1- COMERCIALIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	13
1.1- Introdução	13
1.2 – Tarifação de energia elétrica	18
1.3 – A comercialização da energia elétrica	24
2 - GRUPO MOTOR GERADOR	27
2.1 – Características das micro usinas de geração	27
2.2- Tipos de combustíveis.....	32
2.3- Máquina primária.....	37
3-VIABILIDADE ECONÔMICA	43
3.1- Dimensionamento de um grupo motor gerador	43
3.2- Análise financeira:	55
3.3- Infraestrutura:	58
3.4- Características dos Equipamentos:.....	58
3.4- Conclusão:	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1- COMERCIALIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

1.1- Introdução

Com certeza a maior marca do mundo contemporâneo é a energia elétrica, imaginar o mundo sem energia parece à primeira vista algo impossível e distante, porém a maneira irracional com o qual nós seres humanos lidamos com o meio ambiente somada a adversidade da natureza pode trazer conseqüências imprevisíveis para nossa sociedade.

Hoje, neste ano de dois mil e quinze estamos defronte de uma crise energética que infelizmente coincide com um período de crescimento medíocre da economia. Com a energia mais cara e o crescimento econômico despencando a indústria atual subitamente se encontra em um período melancólico jamais visto. Não é a primeira vez que este tipo de situação ocorre em nosso país como afirma Aquino:

No ano de 2001, em vista das condições hidrológicas desfavoráveis, ocorreu o conseqüente desequilíbrio entre a oferta e a demanda no sistema elétrico o que provocou um período de racionamento. Sem investimentos adequados e o consumo sempre crescente, o sistema elétrico passou a consumir todas as reservas existentes e, em conseqüência, os reservatórios esgotaram-se além do limite de risco recomendável. Passado o racionamento, o setor apresentou um excesso de oferta e a elevação de tarifas. Essas tarifas, no entanto, foram freqüentemente insuficientes para remunerar distribuidoras e geradores. As empresas do setor acumularam prejuízos e algumas enfrentaram sérias dificuldades econômico-financeiras. A falta de perspectiva e a insegurança sobre o futuro prejudicaram e paralisaram novos investimentos. [1]

¹ AQUINO, Thiago Rodrigues. **Cogeração de energia elétrica de biomassa de cana com o intuito de venda do excedente no mercado livre**. UFPE, Recife, 2007. Disponível em: <<http://www.posgraduacao.poli.br/monografias/Monografia%20Final%201%20Turma%20MBA%20CEE%20-%20Thiago%20Aquino.pdf>>. Acessado em: 17 mar. 2015.

Porém a diversidade surge da adversidade, e o que é uma crise pode resultar em novas idéias, desta forma está mais do que claro que permanecer na dependência de uma única matriz energética (no caso do Brasil a hidrelétrica) pode ser algo prejudicial e nada saudável para o nosso sistema elétrico de potência. Na perspectiva de hoje a demanda por energia tem aumentado cada vez mais e se torna necessário suprir esta demanda de forma rápida o que nem sempre é possível com a energia hidrelétrica, como afirma Viana Junior:

De acordo com o balanço energético nacional (1999), o Brasil possui um grande potencial hidrelétrico, contando em 1998, com 56,7GW de potência instalada, e custos de operação relativamente baixos. Esses números fazem do país um dos maiores produtores mundiais de energia hidrelétrica. Entretanto, essa forma de geração de energia, além de exigir investimentos vultuosos na construção de novas unidades geradoras, produzir grandes impactos ambientais e exigir longos períodos de tempo até sua disponibilização, não tem sido suficiente para evitar “apagões” nas épocas de seca.[²]

Ainda neste sentido Andreos complementa:

O Brasil tem alcançado um crescimento acentuado e acelerado da economia nos últimos anos gerando a necessidade de um incremento crescente na oferta de energia elétrica. A matriz energética brasileira por muito tempo foi em sua totalidade de fonte hidrelétrica, porém devido a diversas barreiras, principalmente ambiental, a oferta de geração hidrelétrica não tem acompanhado a demanda do país obrigando o governo a planejar o incremento da geração de energia elétrica através de fontes alternativas. As fontes alternativas renováveis, apesar de apresentarem um crescimento significativo, não se caracterizam como principal complemento à geração hidrelétrica na atualidade. Este papel tem sido realizado pelas usinas termelétricas de baixa e média eficiência acionadas por combustíveis fósseis.[³]

² JUNIOR, Lideir Viana. **Cogeração- Desenvolvimento de metodologia para avaliação energética: estudo de caso aplicado a indústria de papel e celulose**. PUC-MG, belo Horizonte, 2007. Acessado em : <http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EngEletrica_VianaJuniorL_1.pdf> Acessado em: 17 mar. 2015.

³ ANDREOS, Ronaldo. **Estudo de viabilidade técnico-econômica de pequenas centrais de cogeração a gás natural no setor terciário do estado de São Paulo**. USP, São Paulo, 2013. Acessado em : < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-30042013-154221/pt-br.php> >. Acessado em: 17 mar. 2015.

Da citação podemos considerar que diante da incerteza da regularidade do suprimento de energia elétrica por parte das concessionárias e das iniciativas incipientes e seminais das fontes alternativas de energia renovável como a eólica e solar, a microgeração distribuída por pequenas unidades geradoras termelétricas pode ser uma boa solução emergencial principalmente para indústrias, porém o que é microgeração distribuída? Primeiramente temos que definir o que é geração distribuída, segundo o INEE (Instituto nacional de eficiência energética), geração distribuída é definida como:

Geração Distribuída (GD) é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) independente da potência, tecnologia e fonte de energia. As tecnologias de GD têm evoluído para incluir potências cada vez menores. A GD inclui:

- Co-geradores;
- Geradores que usam como fonte de energia resíduos combustíveis de processo;
- Geradores de emergência;
- Geradores para operação no horário de ponta;
- Painéis foto-voltáicos;
- Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCH's.[⁴]

A geração distribuída ainda é diferenciada como minigeração e microgeração a ANEEL as diferencia como:

[...] a microgeração distribuída refere-se a uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 quilowatts (kW), enquanto que a minigeração distribuída diz respeito às centrais geradoras com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 mega watt (MW).[⁵]

Para as concessionárias a geração distribuída traz inúmeras vantagens a principal é a otimização dos recursos na distribuição como afirma o INEE:

A GD tem vantagem sobre a geração central pois economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nestes sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica.[⁶]

⁴ INEE. **Geração distribuída**. Acessível em: < http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp >. Disponível em: 18 Dez. 2015.

⁵ ANEEL **Microgeração e minigeração distribuída: Sistema de compensação de energia elétrica**. Acessível em: < <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf> >. Disponível em: 18 Dez. 2015.

⁶ INEE. **OPUS cit.**

O mesmo órgão prevê uma possível substituição pela geração central pela distribuída: “O crescimento da GD nos próximos anos parece inexorável e alguns autores fazem uma analogia com o crescimento do micro-computador com relação aos grandes computadores centrais ("main frames")”^[7].

Em casos excepcionais como das indústrias siderúrgicas o potencial de geração pode suprir não apenas a demanda da indústria como também gerar excedentes e gerar calor, porém há outros casos onde a cogeração pode ser aplicada. Uma destas aplicações, que é a de principal de interesse deste estudo é a microgeração distribuída aplicada à otimização do consumo de energia em momentos de pico, como destaca Mamede Filho, citação com a qual o presente trabalho toma como marco teórico:

A indústria pode adquirir a sua unidade de geração com a capacidade superior as suas necessidades atuais, conectando-se ao mesmo tempo à rede elétrica da concessionária. Se o custo da energia gerada por ele for inferior ao valor da energia comprada do seu fornecedor, a indústria deixa de comprar desse fornecedor dentro dos limites contratuais e passa a gerar a sua própria energia vendendo o excesso, se houver, no mercado livre. Caso contrário, a geração própria poderia ser utilizada somente no horário de ponta de carga, reduzindo substancialmente o valor da fatura de energia elétrica. ^[8]

Ainda neste sentido Masseroni e Oliveira também defendem:

Com a tentativa de reduzir o pico de carga que ocorre no final da tarde e início da noite, as concessionárias, ou seja, as empresas fornecedoras de energia elétrica, penalizam os consumidores industriais elevando em até três vezes o preço da energia no chamado horário de ponta em relação ao valor cobrado fora de ponta. Este aumento de preço é bastante expressivo, fazendo com que o custo da energia passe a ser mais representativo no total do produto, forçando os empresários a buscar alternativas para não perder competitividade. Uma das alternativas usuais é a redução de produção no horário de ponta, porém quando a demanda do mercado não permite tal atitude, a solução é buscar uma fonte própria de energia e, neste caso, o grupo gerador diesel passa a ser uma opção relativamente barata e rápida.^[9]

⁷ INEE. **OPUS cit.**

⁸ FILHO, João Mamede. **Instalações elétricas industriais**. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

⁹ MASSERONI, James, OLIVEIRA, Cristina Maria de. **Utilização de grupos geradores diesel em horário de ponta**. FACOS- Faculdade cenequista de Osório, 2012. Disponível em: <http://facos.edu.br/publicacoes/revistas/modelos/agosto_2012/pdf/utilizacao_de_grupos_geradores_diesel_em_horario_de_ponta.pdf>. Acessado em: 17 mar. 2015.

Souza et.al. também confirmam:

Em outros casos, para que se haja uma economia perceptível o simples fato de escolher um sistema tarifário sobre outro não é suficiente. Deve-se ao fato de que para algumas modalidades tarifárias a energia elétrica consumida nos horários de pico – horário de ponta- é mais cara, justamente por haver um aumento de consumo. Conseqüentemente, caso tenha de se fazer uso da energia elétrica fornecida pela concessionária nesses horários, a tarifação será maior. O uso de geradores para suprir as necessidades elétricas no horário de ponta é uma das soluções possíveis conseguindo-se, assim, diminuir a sobrecarga na rede elétrica nesses horários e, principalmente, economizar dinheiro. [10]

Fernandes e Camargo também atestam:

O aumento das tarifas, associada à perspectiva de retomada do crescimento econômico e à incerteza quanto à expansão da oferta de eletricidade, faz com que a cogeração comece a ser avaliada como uma solução economicamente viável para o fornecimento de energia e garantia de operação das empresas. [11]

Com o exposto o presente trabalho propõe um estudo sistemático da aplicação e viabilidade de grupos motores geradores em uma planta de um hospital de forma que se ateste a otimização dos gastos de energia em horários de ponta diante da atual crise, desta forma pretende-se atestar o uso dos grupos motores geradores como uma solução paliativa para os recentes aumentos tarifários e fornecendo mais uma opção para a tão combalida indústria nacional. Além disto o estudo será objetivo em apenas analisar a viabilidade financeira dos diferentes grupos motores geradores e seus respectivos combustíveis frente ao valor da energia consumida nas vigentes Tarifas de energia elétrica.

¹⁰ SOUZA, Adriano dos Santos, ET.al. **Adequação ao sistema de tarifação de consumidores de energia elétrica.** Revista OMNIA EXATAS, 2011. Disponível em <<http://www.fai.com.br/portal/ojs/index.php/omniaexatas/article/download/100/pdf>>. Acessado em: 17 mar. 2015.

¹¹ FERNANDES, Ademir Edson, CAMARGO, Jose Rui. **Estudo de caso de um sistema de cogeração em uma indústria farmacêutica.** UNITAU, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/exatas/article/viewFile/1280/859>>. Acessado em: 17 mar. 2015.

1.2 – Tarifação de Energia Elétrica

Segundo o manual de conservação de energia e eficiência energética do PROCEL as várias medidas de otimização do consumo de energia não são empregadas devido ao aumento de custo requerido em virtude, ironicamente, do decréscimo da fatura, uma vez que estas são estipuladas por regimes contratuais:

Várias medidas de eficiência e otimização energética não são implantadas pelos consumidores responsáveis devido aos elevados custos envolvidos quando comparados aos possíveis decréscimos nas faturas de energia elétrica. Estas apresentam a quantia total que deve ser paga pela prestação do serviço público de energia elétrica, referente a um período especificado, discriminando as parcelas correspondentes^[12].

Complementando a citação o mesmo documento também afirma: "Assim, compreender a estrutura tarifária e como são calculados os valores expressos nas notas fiscais de energia elétrica é um parâmetro importante para a correta tomada de decisão em projetos envolvendo conservação de energia"^[13]. Desta forma é necessário que se compreenda o tipo de fornecimento de energia ao qual a instalação está submetida para que se possa implementar medidas realistas para a real economia de gastos com energia elétrica.

Porém o que são tarifas energéticas e como estas são calculadas? Segundo a ABRADÉE (Associação brasileira de distribuidores de energia elétrica) tarifa de energia pode ser definida como "o preço cobrado por unidade de energia (R\$/KWh)"¹⁴. De forma mais contundente o manual do PROCEL define como:

¹² PROCEL. **Conservação de energia: Eficiência energética de equipamentos e instalações.** Disponível em: < <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98}&Team=¶ms=itemID={A3930774-1821-47DC-8562-F1B07E13668C};&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}> >

¹³ PROCEL. **OPUS cit**

¹⁴ ABRADÉE. **Tarifas de energia.** Acessado em: < <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/tarifas-de-energia/tarifas-de-energia> >

O sistema tarifário de energia elétrica é um conjunto de normas e regulamentos que tem por finalidade estabelecer o valor monetário de eletricidade para as diferentes classes e subclasses de unidade consumidoras. O órgão regulamentador do sistema tarifário vigente é a Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL, autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia- MME.[¹⁵]

As tarifas são determinadas levando em consideração uma série de fatores econômicos como cita a ABRADDEE:

Em essência, é de se esperar que o preço da energia elétrica seja formado pelos custos incorridos desde a geração até a disponibilização aos consumidores, na tomada elétrica. É necessário compreender também- já que a energia elétrica é um bem essencial- não se paga somente pelo consumo propriamente dito, mas também pela sua disponibilidade – 24 horas por dia, 7 dias por semana.[¹⁶]

Ainda neste sentido o texto completa:

Assim, espera-se que o preço da energia seja suficiente para arcar com os custos de operação e expansão de todos os elementos elétricos que compõem o sistema, desde a usina geradora até o ramal de ligação dos consumidores de baixa tensão. Basicamente, estes custos devem cobrir os investimentos realizados na rede e a sua operação diária, que devem resultar em baixos índices de falhas e menores tempos para evitar consertos.[¹⁷]

Desta forma o valor cobrado nas mais diferentes tarifas também leva em conta não somente o valor do custo de geração, bem como a fidelidade do serviço que varia dependendo da carga, porém outros encargos também pesam sobre o valor da energia como a ABRADDEE também cita:

¹⁵ PROCEL. **OPUS cit.**

¹⁶ ABRADDEE. **OPUS cit.**

¹⁷ ABRADDEE. **OPUS cit.**

Como não poderia deixar de ser, além destes custos, que são diretamente relacionados aos componentes físicos do sistema, existem os encargos e os impostos, que no Brasil não são poucos. Em 2012, os consumidores cativos brasileiros pagavam 10 encargos setoriais e 4 impostos e contribuições destinados ao governo federal, municipal e estadual.[¹⁸]

O valor estipulados para as tarifas não são constantes ao longo de um ano e seu valor pode variar de forma muito aleatória como cita a ABRADDEE:

Ao contrário do que se possa pensar, as Tarifas de Energia não seguem o simples reajuste através dos índices de preço ao consumidor, como o IGP-M ou IPCA; elas seguem, na verdade, uma metodologia complexa de cálculo, conduzida pela própria ANEEL, e com periodicidades diferenciadas para cada objetivo socioeconômico que a tarifa de energia deve buscar. Desse modo, as alterações nas Tarifas se dividem, basicamente, em revisões tarifárias e reajustes tarifários.[¹⁹]

A ABRADDEE diferencia as revisões tarifárias dos reajustes tarifários da seguinte forma:

Nos reajustes tarifários, a análise é feita pela ANEEL de forma anual e costuma considerar, em geral, a variação da inflação, variações de preço da energia por conta dos despachos térmicos do setor de geração, ganhos de produtividade e a variação da qualidade de fornecimento de cada distribuidora.

Em contrapartida o texto segue:

Já nas revisões tarifárias, a análise é feita, via de regra, a cada 4 ou 5 anos, sendo que a ANEEL leva em conta os investimentos em infraestrutura, eficiência na gestão dos custos, níveis mínimos de qualidade, ganhos de escala (ou seja, aumento de consumo e de consumidores), etc., bem como a variação inflacionária do ano anterior.[²⁰]

¹⁸ ABRADDEE. **OPUS cit.**

¹⁹ ABRADDEE. **OPUS cit.**

²⁰ ABRADDEE. **OPUS cit.**

Esta variação no valor das tarifas é justificável como é citado no manual do PROCEL:

Ao longo dos anos, a fixação das tarifas serviu, ora como instrumento econômico por muitos como inadequado, caso da equalização tarifária, ora de política anti-inflacionária, como ocorreu no período de 1957 até 1986. Como consequência desta política e de um crescente endividamento externo de algumas empresas, instalou-se forte crise financeira no setor elétrico. Neste período de tarifas equalizadas, os reajustes tarifários se baseavam na evolução do “custo do serviço” das empresas concessionárias de energia elétrica, composto basicamente pelos custos de operação e manutenção, mais uma remuneração garantida sobre o capital investido.[²¹]

Ou seja, as implantações de tarifas fixas além de ser pouco realistas não serviram para arcar todas as despesas das concessionárias, por isto seu cálculo é feito periodicamente seguindo os reajustes tarifários e as revisões tarifárias.

No entanto devido ao fato de nossa principal matriz energética ser hidroelétrica o valor da energia está relacionado diretamente ao regime hídrico ao longo do ano, além disto, ao longo do dia o consumo varia gerando grandes oscilações na demanda, devido a isto houve a necessidade de se adequar a demanda a estas oscilações como cita o manual do PROCEL:

Uma importante mudança no sistema tarifário brasileiro ocorreu com a implantação da tarifa horo-sazonal. O decreto nº86.463, de 1981, já determinava que o então existente Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica- DNAEE, passaria a estabelecer diferenciações nas tarifas, tendo em vista os períodos do ano e os horários de utilização da energia.[²²]

²¹ PROCEL.OPUS cit.

²² PROCEL.OPUS cit

O autor ainda ressalta a importância desta implementação da seguinte forma:

Este sistema tarifário permitiu a implantação de um sinal econômico para os consumidores, incentivando-os à maior utilização de energia durante os períodos de menor demanda ou de maior disponibilidade de oferta pelo sistema elétrico.

Segundo o mesmo autor:

O sistema de tarifação horo-sazonal permitiu a diferenciação na cobrança de energia de acordo com os períodos do dia (horários de ponta e fora de ponta) e com os períodos do ano (seco e úmido). Tal forma de tarifação trouxe vantagens para o sistema elétrico, pois levou a uma utilização mais racional da energia. Os consumidores por sua vez passaram a ter alternativas de deslocamento do seu consumo para períodos em que o custo é mais baixo, reduzindo gastos.

Segundo o manual do PROCEL os períodos secos e úmidos podem ser definidos como:

O período Seco (S) corresponde ao período de 07 (sete) meses consecutivos iniciando-se em maio e finalizando-se em novembro de cada ano; é, geralmente, o período com pouca chuva. O período úmido (u) corresponde ao período de 05 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte; é, geralmente, o período com mais chuva.^[23]

Hoje, neste ano de 2015, diante da atual crise hídrica este conceito mudou drasticamente. O manual do PROCEL ainda define horário de ponta e fora de ponta como:

²³ PROCEL.OPUS cit

O horário de ponta (P) é o período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da paixão, "corpus Christi", dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico. O horário fora de ponta (F) é o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.[²⁴]

Baseado nisto a ANEEL estabelece dois modelos de estrutura tarifária que segundo o manual do PROCEL pode ser definido como: "A estrutura tarifária é um conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou à demanda de potência ativa, de acordo com a modalidade de fornecimento de energia elétrica"[²⁵].

A partir daí, são definidas duas estruturas tarifárias a convencional e a horo-sazonal, a convencional é definida como: "Esta estrutura é caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência, independentemente, das horas de utilização do dia e dos períodos do ano"[²⁶].

A tarifa horo-sazonal já é mais abrangente incorporando muitas subdivisões como define e enumera o relatório do PROCEL:

Esta estrutura tarifária se caracteriza pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme especificação a seguir:

a) Tarifa azul: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia;

b) tarifa verde: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência.[²⁷]

²⁴ PROCEL.OPUS cit

²⁵ PROCEL.OPUS cit

²⁶ PROCEL.OPUS cit

²⁷ PROCEL.OPUS cit

Apesar da tarifa horo-sazonal tentar adequar os valores cobrados à oferta de energia disponível, como ocorre no presente ano de 2015 mudanças climáticas podem desafiar perigosamente este modelo, por isto as concessionárias bem como o SIN(sistema interligado nacional) define uma forma de alertar os consumidores quanto a possíveis distúrbios na regularidade do fornecimento, este alerta é chamado de bandeiras tarifárias, a CEMIG as define como:

As bandeiras tarifárias são uma forma diferente de apresentar um custo que hoje já está na conta de energia, mas geralmente não é percebido pelo consumidor. Anteriormente, os custos com compra de energia pelas distribuidoras eram incluídos no cálculo das tarifas dessas distribuidoras e repassados aos consumidores até um ano depois de sua ocorrência, quando a tarifa era reajustada. Com as bandeiras, a sinalização mensal do custo de geração da energia elétrica que é cobrado do consumidor passa a constar nas faturas, com acréscimo já no mês da ocorrência do custo adicional com a compra de energia. Essa sinalização dá ao consumidor a oportunidade de adaptar seu consumo, ajudando a evitar um repasse maior posteriormente.[²⁸]

Desta forma o sistema de bandeiras tarifárias serve como um semáforo para o consumidor alertando-o a respeito da alteração do custo da geração de energia.

1.3 – A comercialização da energia elétrica

No Brasil a comercialização da energia elétrica pode se dar de duas formas como explicado por Berger: “O modelo vigente do setor elétrico prevê que a comercialização de energia elétrica pode ser realizada em dois

²⁸ CEMIG. **Bandeiras tarifárias.** Acessado em:< http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Bandeiras_tarif%C3%A1rias.aspx >

ambientes de mercado: Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL).”^[29]

O mesmo autor diferencia os dois modelos da seguinte forma:

A contratação no ACR é formalizada por meio de contratos bilaterais regulados, denominados Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR), celebrados entre agentes vendedores (agente de geração, agente de comercialização ou agente de importação, que seja habilitado em documento específico para este fim) e distribuidores que participam dos leilões de compra e venda de energia elétrica.^[30]

Ao passo que:

Já no ACL há a livre negociação entre os agentes geradores, comercializadores, consumidores livres/especiais, importadores e exportadores de energia, sendo os acordos de compra e venda de energia pactuados via Contratos de Compra de Energia no Ambiente Livre (CCEAL), que são contratos de compra e venda de energia negociados livremente entre duas partes e firmados entre os agentes, sem a participação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) ou da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).^[31]

De maneira mais sucinta a contratação ACR é aquela na qual se compra energia de uma concessionária de energia enquanto o ACL se compra a energia diretamente de uma unidade geradora, pôr exemplo uma indústria siderúrgica que venda seu excedente de energia.

Uma vez entendido estes modelos principalmente dentro do modelo ACR a ANEEL formaliza duas formas de agrupar os consumidores de forma se aplicar o correto faturamento de suas contas, como cita o manual do PROCEL:

Para fins de faturamento, as unidades consumidoras são agrupadas em dois grupos tarifários, definidos, principalmente, em função da tensão de fornecimento e também, como consequência, em função da demanda. Se a concessionária fornece energia em tensão inferior a 2,3KV, o consumidor é classificado como sendo do “Grupo B” (baixa tensão); se a tensão de fornecimento for maior ou igual a 2,3KV, será o consumidor do “grupo A” (alta tensão).^[32]

²⁹ BERGER, Pablo. **Formas de contratação de fornecimento de energia elétrica**. Revista O setor Elétrico, Ed.59, dez. 2010. Acessado em :< <http://www.osestoreletrico.com.br/web/a-empresa/520-formas-de-contratacao-de-fornecimento-de-energia-eletrica.html> >

³⁰ BERGER, Pablo. **.OPUS cit**

³¹ BERGER, Pablo. **.OPUS cit**

³² PROCEL.**OPUS cit**

Segundo a resolução normativa nº414 da ANEEL são aplicáveis três modalidades tarifárias para o grupo A e duas para o grupo B. Inicialmente para o grupo B, fornecidos com baixa tensão a ANEEL estabelece a modalidade tarifária convencional e a horária branca que são definidas pela resolução respectivamente da seguinte forma:

- a) modalidade tarifária convencional monômnia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia;
- b) modalidade tarifária horária branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.^[33]

Em relação ao grupo A, a mesma norma estabelece as seguintes estruturas:

- c) modalidade tarifária convencional binômnia: aplicada às unidades consumidoras do grupo A caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia;
- d) modalidade tarifária horária verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência;
- e) modalidade tarifária horária azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia.^[34]

Desta forma as alterações na curva de potência e a sazonalidade têm diferentes impactos para diferentes grupos de consumidores tendo que ser ponderados antes de se realizar algum projeto, sobretudo em sistemas do grupo A.

³³ ANEEL. **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010.** Acessado em : < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> >

³⁴ ANEEL.OPUS cit

2 - GRUPO MOTOR GERADOR

2.1 – Características das micro usinas de geração

Segundo o manual de geração de energia da WEG, geração pode ser definida como:

A geração de energia elétrica é a transformação de qualquer tipo de energia em energia elétrica. Esse processo ocorre em duas etapas. Na 1ª etapa uma máquina primária transforma qualquer tipo de energia, normalmente hidráulica ou térmica, em energia cinética de rotação. Em uma 2ª etapa um gerador elétrico acoplado à máquina primária transforma a energia cinética de rotação em energia elétrica.^[35]

Em se tratando de um grupo motor gerador a máquina primária é sempre um motor de combustão interna, junto a ele se junta uma série de elementos formando um sistema de geração que é constituído de uma máquina primária, geradores, transformador e sistema de controle, comando e proteção. Cada um desses elementos são detalhados pelo manual da WEG que define a máquina primária como:

É a máquina primária que faz a transformação de qualquer tipo de energia em energia cinética de rotação para ser aproveitada pelo gerador. Por exemplo, a máquina que transforma a energia liberada pela combustão do gás em energia cinética é a turbina a gás. As principais máquinas primárias utilizadas hoje são motores Diesel, turbinas hidráulicas, turbinas a vapor, turbinas a gás e eólica.³⁶

³⁵ WEG. OPUS cit.

³⁶ WEG. OPUS cit.

Em seguida no sistema de geração são os geradores onde a WEG define os geradores da seguinte forma:

São os geradores que transformam a energia cinética de rotação das máquinas primárias em energia elétrica. Os geradores são dimensionados de acordo com a potência que a máquina primária pode fornecer. Além da potência, o tipo de máquina primária (eólica, hídrica, térmica, etc...), define também a velocidade de rotação que irá ser transmitida ao gerador e, em função dessa velocidade é definido o número de pólos do gerador.^[37]

De forma mais específica o manual de grupo motor gerador da Cummins detalha o gerador da seguinte forma:

Um gerador converte energia mecânica em energia elétrica. O gerador consiste essencialmente de um rotor e de um induzido. O rotor transpõe o campo magnético do gerador (mostrado como quatro pólos), o qual é posto em rotação pelo motor mecânico. O campo magnético é alimentado por uma fonte de CC (corrente contínua) chamada de excitador, a qual é conectada aos terminais "+" e "-" dos enrolamentos do campo. O gerador é construído de tal forma que as linhas de força do campo magnético cortam perpendicularmente os enrolamentos do induzido quando o motor gira o rotor, induzindo uma tensão nos elementos do enrolamento do induzido. A tensão em quaisquer elementos do enrolamento é invertida toda vez que a polaridade é mudada (duas vezes a cada rotação em um gerador de quatro pólos). ^[38]

De forma a ilustrar o exposto a seguinte figura exemplifica o princípio de funcionamento de um gerador:

³⁷ WEG. OPUS cit.

³⁸Cummins. OPUS cit.

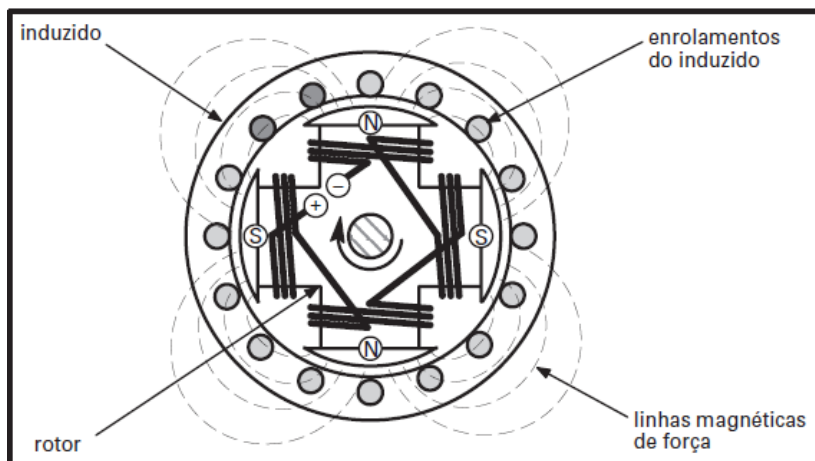


FIGURA 1.1- Gerador de energia.

De forma mais sucinta a seguinte imagem também demonstra o funcionamento de um gerador:

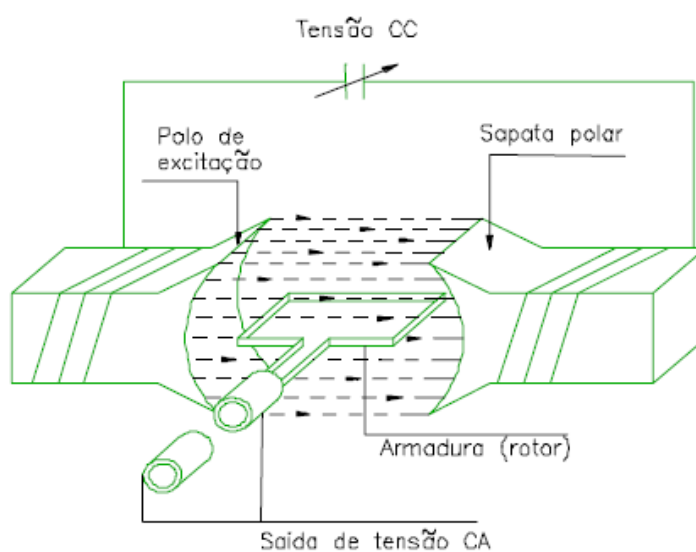


FIGURA 1.2- Gerador de energia.

Os geradores diferem entre si pela forma no qual o mecanismo que gera a corrente contínua (excitador) atua podendo ser auto excitação ou excitação induzida, a Cummins os diferencia da seguinte forma:

Geradores auto-excitados: O sistema de excitação de um gerador auto-excitado é alimentado através do regulador automático de tensão, recebendo a tensão de alimentação (ponte) a partir da saída do próprio gerador. O regulador de tensão analisa a tensão e a frequência de saída do gerador, compara as mesmas com valores de referência e então fornece uma saída de CC (corrente contínua) regulada ao excitador dos enrolamentos do campo. O campo magnético do excitador induz uma saída de CA (corrente alternada) no rotor do excitador, o qual gira no eixo do gerador acionado pelo motor. A saída do excitador é retificada pelos diodos giratórios, também no eixo do gerador, para fornecer a CC para o rotor principal (campo do gerador). O regulador de tensão aumenta ou diminui a corrente do excitador à medida que detecta mudanças na tensão e na frequência de saída resultantes da mudança de carga, aumentando ou diminuindo a intensidade do campo do gerador. [...] A saída do gerador é diretamente proporcional à intensidade do seu campo magnético.[³⁹]

Em contrapartida os geradores com excitação induzidas são definidos da seguinte forma pela Cummins:

Geradores excitados separadamente: O sistema de excitação de um gerador excitado separadamente é similar ao de um gerador auto-excitado com a diferença de que um gerador com ímã permanente (PMG) localizado na extremidade do eixo do gerador principal alimenta o regulador de tensão. Por ser uma fonte separada de energia, o circuito de excitação não é afetado pelas cargas conectadas ao gerador. O gerador é capaz de sustentar duas ou três vezes a sua corrente nominal por cerca de dez segundos. Por este motivo, recomenda-se a utilização de geradores excitados separadamente para aplicações que requerem melhor capacidade para efetuar partidas de motores (carga), bom desempenho com cargas não-lineares ou bom desempenho em instalações onde possam, eventualmente, ocorrer curto-circuitos prolongados.[⁴⁰]

Uma vez convertida a energia mecânica em elétrica no gerador, faz-se necessário o uso de um dispositivo que compatibilize os níveis de tensão do gerador com o da rede como afirma a WEG:

Uma vez gerada a energia elétrica, existe a necessidade de se compatibilizar o nível da tensão de saída com a tensão do sistema ao qual o grupo gerador será ligado. O equipamento utilizado para elevar ou rebaixar o nível de tensão é o transformador. Desta forma um grupo gerador que gera energia a uma tensão de 13,8 KV pode ser ligado a uma linha de transmissão de 69 KV desde que um transformador de 13,8/69 KV faça o ajuste da tensão.[⁴¹]

³⁹ Cummins. **OPUS cit.**

⁴⁰ Cummins. **OPUS cit.**

⁴¹ WEG. **OPUS cit.**

A última parte do sistema de geração é o controle que segundo a WEG é detalhado como:

Para interligar um grupo gerador a uma rede de transmissão ou distribuição são necessários vários requisitos. Em primeiro lugar, a tensão de saída do gerador não pode variar mais que 10% para cima ou para baixo. O controle da tensão é feito através da excitatriz do próprio gerador. No entanto, não basta apenas compatibilizar a tensão. É necessário que se faça o sincronismo com a rede antes de comandar o fechamento da linha. Para que as medidas sejam tomadas, são necessários vários equipamentos de manobra e proteção, tais como TC's, TP's, relés e disjuntores. O quadro de comando e proteção reúne todos estes equipamentos, e permite ao operador supervisionar o funcionamento do sistema e atuar imediatamente caso se faça necessário.

A Cummins diferencia duas formas de controle que é o baseado a relé e o microprocessador, onde o controle baseado em relés é detalhado a seguir:

Até há alguns anos atrás, os sistemas de controle baseados em relés eram bastante comuns em quase todos os grupos geradores. Estes sistemas de controle podem ser projetados para fornecer o recurso de partida manual ou totalmente automática, além das funções básicas de proteção do gerador e, além disso, incluir os equipamentos necessários para atender às normas locais para grupos geradores. Os sistemas de controle baseados em relés controlam a partida e as funções operacionais do motor, as funções de monitoramento de falhas ou de desempenho fora das especificações do motor e do alternador, e, fornecem sinais de indicação, medição e alerta para a interface com o usuário. Funções tais como o controle de tensão do alternador são executadas, em separado, por uma placa de circuito chamada Regulador Automático de Tensão (AVR, em inglês). Analogamente, também em separado, um circuito controlador gerencia o governador eletrônico e outros equipamentos opcionais. Existem vários recursos opcionais disponíveis para melhorar o desempenho/controle e aumentar a funcionalidade de tarefas especiais como a interface do equipamento de paralelismo e funções adicionais de monitoramento de equipamentos, tais como tanques de combustível, líquido de arrefecimento ou baterias.^[42]

Respectivamente o microprocessado é definido da seguinte forma:

As demandas atuais por um alto nível de desempenho, melhor funcionalidade, controle de sistemas sofisticados e interfaces de rede exigem os recursos dos sistemas de controle baseados em microprocessadores. O advento dos microprocessadores e dos computadores tem permitido o desenvolvimento de controles eletrônicos totalmente integrados e baseados em microprocessadores. O sistema PowerCommand integra o controle de funcionamento do motor, o controle do alternador e as funções de monitoramento similares às de um sistema de controle totalmente equipado com base em relés. Além disso, também controla o governo

⁴² CUMMINS.OPUS cit.

eletrônico, o regulador de tensão além de muitos outros recursos e funções adicionais. O monitoramento pleno das características elétricas na saída do gerador, dos parâmetros de potência (kW, kVA, kVAR), elevações ou quedas na tensão, realimentação, etc., permite o controle completo do sistema de geração de energia.[⁴³]

2.2- Tipos de combustíveis

A escolha do tipo de combustível empregado influencia diretamente no dimensionamento do grupo motor gerador varias alternativas são possíveis, os combustíveis mais comumente utilizados são o diesel, gás natural ou GLP, cada um com vantagens e desvantagens.

Gonçalves filho, ET.al. dão a seguinte descrição do óleo diesel:

O óleo diesel é um combustível de larga utilização, sendo as principais delas no transporte terrestre de mercadorias, pessoas e na geração de energia elétrica. É caracterizado como sendo um combustível derivado do petróleo, de compostos formados principalmente por átomos de carbono, hidrogênio e em baixas concentrações por enxofre, nitrogênio e oxigênio, selecionados de acordo com as características de ignição e de escoamento adequadas ao funcionamento dos motores diesel. É um produto inflamável, medianamente tóxico, volátil, límpido, isento de material em suspensão e com odor forte e característico. Devido à larga utilização no transporte terrestre de mercadorias e de pessoas, o diesel é o combustível mais utilizado no Brasil. Possui aplicações também no transporte marítimo e na geração de energia elétrica através de geradores e termoelétricas.[⁴⁴]

Ainda segundo Gonçalves filho, Et.al., há quatro tipos de óleo diesel especificados pela ANP (Agência nacional de petróleo):

Tipo A: utilizado em motores de ciclo diesel. Está presente em todas as regiões do Brasil e possui um teor de enxofre de, no máximo, 1%.

Tipo B: Conhecido como “metropolitano” por estar disponível nas regiões metropolitanas de diversas capitais. Possui um teor de enxofre de no máximo 0,5%.

Tipo C: Possui no máximo 0,3% de enxofre e sua temperatura necessária para destilação de 360°C contra 370°C dos demais tipos. Está disponível apenas em algumas regiões metropolitanas do Brasil.

Tipo D: Trata-se do óleo diesel marítimo. Utilizado em embarcações marítimas, possui seu ponto de fulgor em, no máximo, 60°C.[⁴⁵]

⁴³ CUMMINS. **OPUS cit.**

⁴⁴ GONÇALVES FILHO, Francisco Molinari, Et.al. **Estudo de caso para implantação de grupo motor gerador na universidade tecnológica federal do Paraná.** UTFPR, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3065> >. Acessado em: 17 ago. 2015.

⁴⁵ GONÇALVES FILHO, Francisco Molinari, Et.al. **OPUS cit.**

Gonçalves filho, ET.al. enumeram as seguintes vantagens de se utilizar Grupos motores geradores a óleo diesel:

- Baixo custo de aquisição quando comparados com outros tipos de fonte de energia como eólica e fotovoltaica;
- Facilidade em encontrar peças de reposição;
- Existem máquinas de diversas potências encontradas comercialmente, desde alguns kVA até valores em mVA;
- Apresentam robustez;
- Podem ser alimentados com biodiesel e já existem alguns motores que podem ser alimentados diretamente com óleos vegetais in natura, em lugar do óleo diesel, contribuindo assim para a diminuição da emissão de gases poluentes para o meio ambiente.[⁴⁶]

Os mesmos autores também enumeram as seguintes desvantagens:

- Alto custo de manutenção, devido ao fato de ser necessária manutenção constante no motor, e alto custo operacional acarretado pela compra, transporte e distribuição do óleo diesel;
- Poluição do meio ambiente através de emissão de gases de efeito estufa e descarte do óleo lubrificante;
- Poluição sonora, caso o grupo gerador não esteja dentro de uma cabine própria para atenuar o ruído.[⁴⁷]

A Cummins também enumera as seguintes observações quanto ao uso do diesel:

- O combustível diesel é recomendado para aplicações “de emergência” e “standby”. Para obter um bom desempenho de partida e maximizar a vida útil do motor, recomenda-se o combustível diesel ASTM D975 Grau No. 2-D. Consulte o distribuidor do fabricante do motor sobre o uso de outros graus de diesel combustível para diferentes motores.
- O projeto de toda a instalação também deve incluir o projeto de um local para o armazenamento do combustível, entretanto o tanque não deve ser grande demais. O diesel combustível pode ser armazenado por um período de até dois anos, por este motivo o tanque de suprimento deve ser dimensionado para permitir o reabastecimento de combustível com base na programação de exercícios e testes nesse período. Pode ser necessário adicionar um bactericida (substância para evitar a proliferação de microorganismos no diesel) caso a frequência de reabastecimento seja baixa, ou, caso as condições ambientais (como a elevada umidade do ar) favoreçam o crescimento de microorganismos no combustível. Os microorganismos podem obstruir os filtros de combustível, afetar o funcionamento do motor ou até mesmo danificá-lo.
- Climas frios - Em climas frios deve ser usado um combustível Premium de Grau 1-D quando a temperatura ambiente estiver abaixo do ponto de congelamento. Pode ser necessário utilizar um sistema de aquecimento do combustível para evitar a obstrução dos filtros de

⁴⁶ GONÇALVES FILHO, Francisco Molinari, Et.al. **OPUS cit.**

⁴⁷ GONÇALVES FILHO, Francisco Molinari, Et.al. **OPUS cit.**

combustível quando a temperatura cair abaixo do “ponto de névoa do combustível”: cerca de -6°C (20°F) para combustíveis Grau 2-D, e, -26°C (-15°F) para Grau 1-D.

- As normas ambientais para controle de emissões podem ser aplicáveis nestes casos.^[48]

De forma a minimizar os danos ambientais também pode ser utilizado o Biodiesel que é detalhado da seguinte forma pela Cummins:

Os combustíveis denominados “biodiesel” são obtidos de uma grande variedade de fontes renováveis, tais como, óleos vegetais, gorduras animais e óleos de cozinha, etc. Em geral, estes combustíveis são denominados Ésteres Metil-Ácido-Graxos (FAME). Normalmente, quando usados em motores diesel, a emissão de fumaça, a potência e a economia de consumo são reduzidas. Embora a emissão de fumaça seja reduzida, o efeito em outras emissões pode variar, ou seja, pode haver a redução de alguns poluentes e o aumento de outros. O biodiesel é um combustível alternativo, portanto, ao se utilizar este combustível, o desempenho do motor e as emissões de poluentes não podem ser os mesmos garantidos pelo fabricante.^[49]

Ainda neste sentido a cummins dá a seguinte advertência ao uso do Biodiesel:

Uma mistura dos combustíveis diesel e biodiesel, numa proporção inferior a 5% do volume não deverá causar qualquer problema grave. Concentrações acima de 5% podem causar diversos problemas operacionais. A Cummins não aprova nem desaprova o uso de misturas de combustíveis do tipo diesel + biodiesel. Consulte a Cummins para obter maiores informações.^[50]

O gás natural também é uma alternativa viável de combustível, seu uso vem crescendo no Brasil, Mamede filho da a seguinte citação a respeito do gás natural:

É o combustível que está ganhando mercado crescente na geração de energia elétrica, devido principalmente à política de expansão do produto por parte da Petrobrás. Com a implantação da rede de gasodutos da Petrobras nas diferentes regiões do Brasil, o gás natural vem-se popularizando e ganhando a competição com o óleo diesel.^[51]

⁴⁸ CUMMINS. **OPUS cit.**

⁴⁹ CUMMINS. **OPUS cit.**

⁵⁰ CUMMINS. **OPUS cit.**

⁵¹ FILHO, João Mamede. **OPUS cit.**

A Cummins ressalta as seguintes características do uso do gás natural em grupos motores geradores:

- Para a maioria das instalações, o armazenamento não deve ser feito no local (deve-se usar gás encanado).
- O gás natural pode ser uma opção econômica de combustível, contanto que esteja disponível nos valores de fluxo e pressão exigidos para o grupo gerador.
- Um suprimento de reserva de GLP combustível pode ser necessário para sistemas de fornecimento de energia elétrica de emergência.
- O gás natural “bruto” (ou seja, captado diretamente de sua fonte natural) pode ser utilizado por alguns grupos geradores. Entretanto, é necessário que sejam feitas análises deste combustível, assim como, o fabricante do motor deve ser consultado para determinar se haverá o despotenciamento ou se a composição deste combustível poderá causar danos ao motor devido à fraca combustão, detonação ou corrosão.
- Ocasionalmente, algumas empresas distribuidoras de gás adicionam butano ao gás natural para manter a pressão da linha. Poderão ocorrer danos ou mesmo a detonação do motor caso se utilize gás natural aditivado com butano. Os motores a gás natural requerem tubulações limpas e secas, gás de qualidade para gerar a potência nominal e assegurar uma vida útil ideal ao motor.
- A estabilidade de frequência de grupos geradores com motores de ignição por vela pode não ser tão boa quanto a dos grupos geradores com motores diesel. Uma boa estabilidade de frequência é importante na alimentação de cargas UPS.
- Climas frios - Em geral, à temperaturas ambientes abaixo de -7°C (20°F), os motores com ignição por vela, conseguem dar a partida com mais facilidade e aceitam carga mais rapidamente do que os motores diesel.^[52]

Mamede filho complementa enumerando as seguintes vantagens do uso do gás natural:

- Preço relativamente baixo da energia gerada;
- Baixo nível de poluição;
- Baixa restrição dos órgãos de controle ambiental à aprovação de projetos;
- Uso intensivo em vários segmentos do processo industrial. ^[53]

Em contrapartida o mesmo autor também cita as seguintes desvantagens:

⁵² CUMMINS. **OPUS cit.**

⁵³ FILHO, João Mamede. **OPUS cit.**

- Ausência de rede de gasodutos em muitas áreas industriais;
- Dificuldade no transporte de grandes quantidades do combustível via cilindros especiais (o gás natural não tem boa compressibilidade);
- O preço depende de condições externas e ainda sem uma política confiável no Brasil. [54]

Por fim a última opção de combustível para o uso em grupos motores geradores é o GLP (Gás liquefeito de petróleo), a Cummins dá as seguintes recomendações quanto ao uso deste:

- A disponibilidade local de GLP deverá ser investigada e confirmada antes de se optar por um grupo gerador com motor movido a GLP.
- Devem ser tomadas providências para o armazenamento local deste combustível. O GLP pode ser armazenado por tempo indefinido. • A estabilidade de frequência da tensão produzida por grupos geradores que utilizam motores com ignição a vela pode não ser tão boa quanto a dos grupos geradores que utilizam motores a diesel. Este é um fator importante que deve ser levado em consideração no caso da alimentação de cargas UPS.
- Para utilização em climas frios, o tanque de armazenamento de GLP deve ser dimensionado de modo a fornecer a taxa necessária de evaporação mesmo na mais baixa temperatura ambiente esperada. Caso isso não seja possível, deverá ser providenciada a retirada de líquido com um aquecedor de vaporização.[55]

Além das particularidades relativas a cada tipo de combustível algo imprescindível que deve ser analisada é quanto seu armazenamento:

Em muitos locais, o projeto e a instalação de tanques de armazenamento de combustíveis são controlados por normas técnicas criadas, em geral, com dois objetivos: a proteção do meio ambiente e a proteção contra incêndios. Devido às regulamentações, cujas obrigações e isenções variam de acordo com o local, é necessário avaliar e compreender os requisitos específicos do local onde será feita a instalação. [...] Como regra geral, sujeita à verificação pelas autoridades locais, as exceções às normas são concedidas para tanques de armazenamento de diesel, subterrâneos ou superficiais, destinados à alimentação de grupos geradores de emergência nos seguintes casos: 1) Quando a capacidade dos tanques de armazenamento for igual ou inferior à 500 litros (1.320 galões), 2) Quando nenhum tanque isolado tiver capacidade superior a 250 litros (660 galões), e 3) Quando o combustível for consumido no próprio local da instalação (não distribuído).[56]

⁵⁴ FILHO, João Mamede. **OPUS cit.**

⁵⁵ CUMMINS. **OPUS cit.**

⁵⁶ CUMMINS. **OPUS cit.**

2.3- Máquina primária

Os vários sistemas de geração termelétrica aplicados em indústrias diferem entre si principalmente pelo tipo de máquina primária empregada. Elas diferem entre si pelo tipo de combustível utilizado e seus vários parâmetros de eficiência, variando sua aplicabilidade conforme sua necessidade em cada tipo de empreendimento. As máquinas térmicas mais utilizadas são o motor de combustão interna (ciclo diesel e gás natural) e as turbinas (gás natural e a vapor), os motores de ciclo diesel são os mais empregados, principalmente em projetos de menor porte, Mamede filho dá as seguintes considerações sobre o motor a diesel:

É um motor a combustão interna que utiliza elevadas taxas de compressão para assegurar a queima do combustível introduzido após a compressão do ar. O funcionamento dos motores a óleo diesel é explicado através da análise do denominado ciclo diesel. Nesse caso, o ar é comprimido a uma pressão e temperatura até atingir a condição de inflamar o combustível que é injetado na câmara ao final do tempo de compressão. Nos motores a ciclo diesel, é necessário que a taxa de compressão seja muito elevada, bem superior aos níveis utilizados no ciclo Otto, devido à inexistência do combustível durante o tempo de compressão do ar.[⁵⁷]

A figura 2.1 exemplifica o funcionamento de um motor de ciclo diesel:

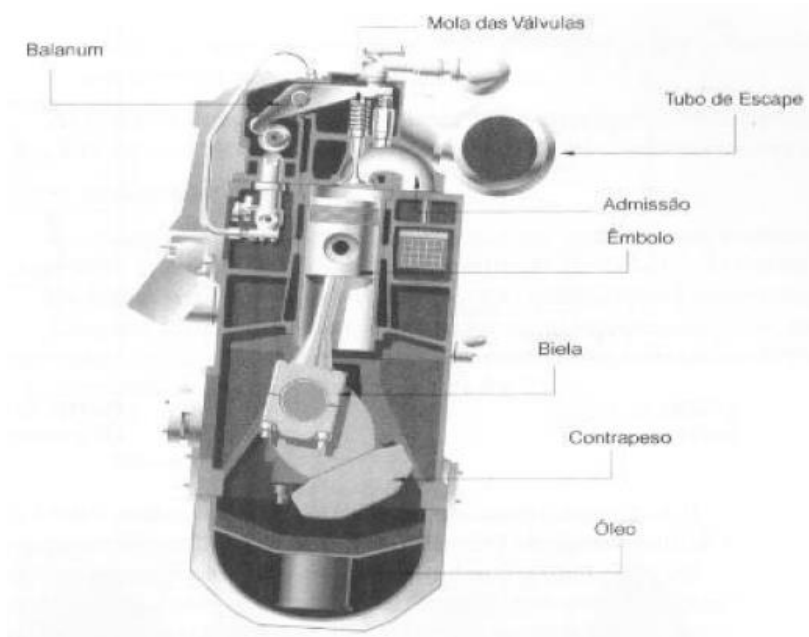


FIGURA 2.1- motor a diesel.

⁵⁷ FILHO, João Mamede. **OPUS cit.**

O motor a gás natural (ciclo otto), é um motor de alta eficiência que tem seu funcionamento baseado na ignição de uma mistura de gás e ar provocado por centelhas como explica Mamede filho: “É um motor a explosão que funciona através da ignição por centelhas elétricas ocorridas no meio de uma mistura de ar-combustível no interior da câmara de combustão, onde é comprimida e queimada.”^[58]

O funcionamento do motor a gás natural é explicado pelo ciclo Otto que consiste em quatro processos distintos como pode ser observado nos dois gráficos a seguir P-V e T-S:

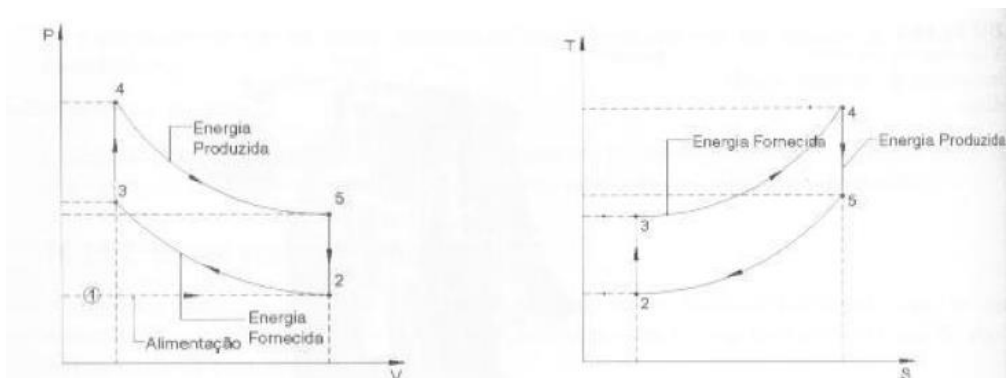


GRÁFICO 2.1: Ciclo Otto P X V

GRÁFICO 2.2: Ciclo Otto T X S

Baseado nos gráficos anterior, Mamede filho fornece a seguinte explicação para o ciclo Otto:

O gás natural é, inicialmente, introduzido numa câmara de compressão, à pressão constante, na condição do ponto 1, numa condição volumétrica dada no ponto 2. Em seguida, o gás é comprimido isentropicamente, passando da condição do ponto 2 ao ponto 3. A seguir, é adicionada uma determinada quantidade de calor a volume constante atingindo o ponto 4 do diagrama P X V. Seguindo o processo, o gás sofre expansão isentrópica tendo como resultado a produção de trabalho, o que ocorre no processo de 4 para 5, liberando-se, finalmente, calor a volume constante, no processo de 5 para 2.^[59]

⁵⁸ FILHO, João Mamede. **OPUS cit.**

⁵⁹ FILHO, João Mamede. **OPUS cit.**

De forma mais resumida Mamede filho também fornece a seguinte explicação:

No ciclo Otto o combustível é misturado ao ar antes que ocorra a compressão obtendo-se a ignição através da produção de uma centelha elétrica temporizada. Como a mistura do combustível com o ar deve ser comprimida é necessário que o combustível utilizado no processo seja volátil ou de rápida vaporização, como ocorre com o uso do gás natural ou do óleo diesel vaporizado, ambos utilizados nos motores à gás natural.[⁶⁰]

Uma das principais vantagens do uso do motor a gás natural é sua eficiência como atesta Mamede filho:

Os motores a gás natural operam com eficiência que pode variar entre 36% e 48%, superior à eficiência das turbinas a gás natural, normalmente compreendidas entre 22% e 35% para turbinas de pequeno e médio portes e de 37% a 40% para turbinas de grande porte, que funcionam a elevadas temperaturas.[⁶¹]

Um exemplo de motor a gás natural pode ser observado na figura a seguir:

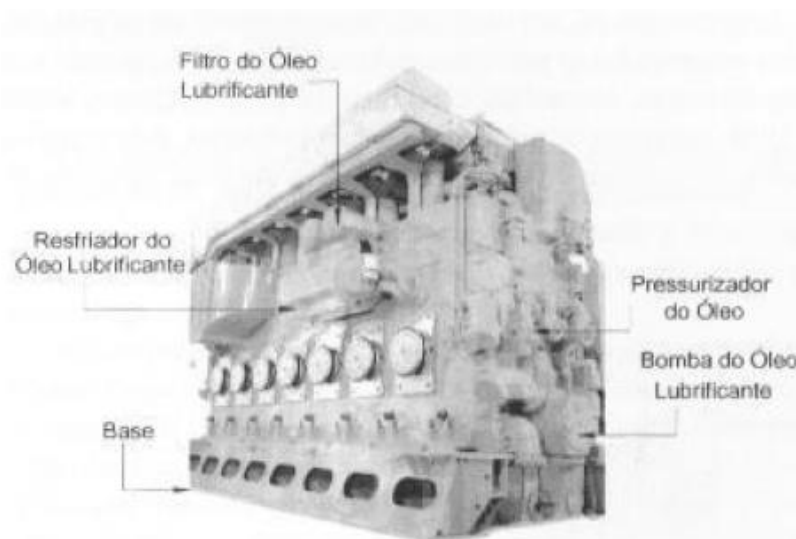


FIGURA 2.2: Motor a gás natural.

As turbinas também podem ser usadas na geração de energia termelétrica em indústrias, porém estas são mais comumente usadas em empreendimentos de médio e grande porte podendo fornecer grandes quantidades de energia, algo entre 30KW a 250MW, como o presente trabalho

⁶⁰ FILHO, João Mamede. **OPUS cit.**

⁶¹ FILHO, João Mamede. **OPUS cit.**

trata especificamente de grupos motores geradores e a instalação a ser estudada é de pequeno porte, as turbinas não são comumente empregadas neste tipo de aplicação seu estudo será posto de lado.

Quanto aos diferentes tipos de motores empregados a Cummins os diferencia pelo tipo de governadores empregados e o sistema de partida. Os governadores são dispositivos responsáveis por regular a injeção de combustível no motor de forma que se adéque a quantidade de energia demandada com a rotação do motor Pereira detalha o funcionamento dos governadores como a seguir:

No caso específico dos motores para grupos Diesel-geradores, a regulação da velocidade é um item particularmente crítico, uma vez que a freqüência da tensão gerada no alternador necessita ser mantida constante, ou seja, o motor Diesel deve operar em rotação constante, independente das solicitações da carga. Isto significa que a cada aparelho elétrico que se liga ou desliga, o governador deve corrigir a quantidade de combustível injetada, sem permitir variações da RPM [...].^[62]

Existem quatro tipos de governadores (mecânicos, hidráulicos, eletrônicos e digitais) Pereira dá a seguinte definição de governador mecânico:

Constituídos por um sistema de contrapesos, molas e articulações, atuam no mecanismo de aceleração aumentando ou diminuindo o débito de combustível sempre que a rotação se afasta do valor regulado, em geral, 1800 RPM. Tem tempo de resposta considerado longo e permitem oscilações em torno do valor regulado. Dependendo da carga que for aplicada bruscamente, permitem quedas acentuadas da RPM e, na recuperação, permitem ultrapassar o valor regulado para, em seguida, efetuar nova correção de menor grau. São mais baratos e utilizados em grupos Diesel-geradores que alimentam equipamentos pouco sensíveis às variações de freqüência. Tem precisão de regulação em torno de 3%, podendo chegar até 1,5%.^[63]

Pereira define os hidráulicos da seguinte forma:

⁶² PEREIRA, José Cláudio. **Grupos motores geradores**. Engenheiro José Cláudio. Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/diesel1.pdf>>. Acessado em: 16 ago. 2015.

⁶³ PEREIRA, José Cláudio. **OPUS cit.**

De maior precisão que os governadores mecânicos, podem ser acionados pelo motor Diesel independentemente da bomba injetora e atuam sobre a alavanca de aceleração da bomba, exercendo a função que seria do pedal do acelerador do veículo. São constituídos por um sistema de contrapesos girantes, que fazem o papel de sensor de rotação e uma pequena bomba hidráulica para produzir a pressão de óleo necessária ao acionamento. As variações de rotação "sentidas" pelos contrapesos são transformadas em vazão e pressão de óleo para alimentar um pequeno cilindro ligado à haste de aceleração da bomba. Por serem caros e necessitarem de um arranjo especial para montagem no motor, são pouco utilizados.^[64]

Quanto aos governadores eletrônicos, Cummins os define como a seguir:

Governadores Eletrônicos: Os dispositivos denominados governadores eletrônicos são utilizados em aplicações onde é necessário um controle isócrono ("zero droop"), ou naquelas aplicações onde são necessários sincronismo e paralelismo. Normalmente, a velocidade de rotação do motor do grupo gerador (em RPM) é monitorada por um sensor eletromagnético e o fornecimento de combustível para o motor do grupo gerador é controlado por válvulas solenóide acionadas por circuitos eletrônicos. Estes circuitos, independente de estarem imbutidos nos controladores dos solenóides ou de serem parte do controlador microprocessado do grupo gerador, utilizam sofisticados algoritmos para manter o controle preciso da velocidade de rotação do motor do grupo gerador e, conseqüentemente, da freqüência.^[65]

Por fim os digitais são definidos por Pereira assim:

Os governadores digitais utilizados atualmente, embora possam oferecer recurso de comunicação via porta serial e funções de controle PID (Proportional Integral Derivate), dependem de um atuador analógico para comandar as correções de RPM do motor, o que os torna iguais, em termos de resultados, aos governadores eletrônicos analógicos.^[66]

Pereira compara a atuação dos governadores eletrônicos com os digitais pelos seguintes gráficos:

⁶⁴ PEREIRA, José Cláudio. **OPUS cit.**

⁶⁵ CUMMINS. **OPUS cit.**

⁶⁶ PEREIRA, José Cláudio. **OPUS cit.**

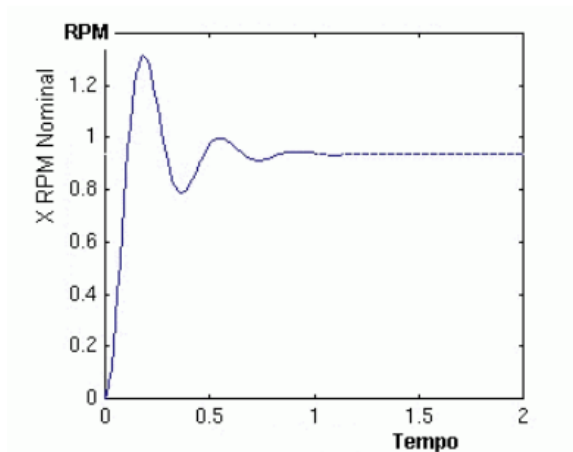


GRÁFICO 2.3: Resposta RPM x tempo de governador eletrônico.

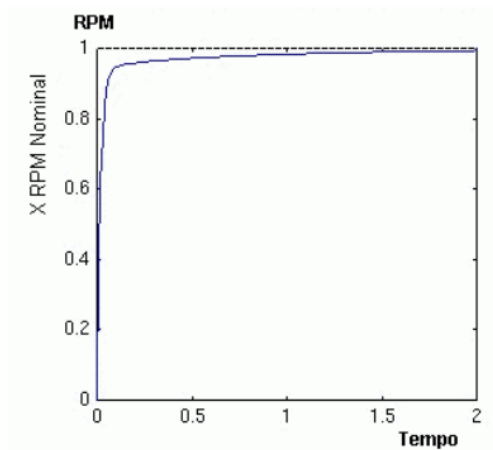


GRÁFICO 2.4: Resposta RPM x tempo de governador digital.

Observe que o digital além de ser mais estável atinge a resposta final com mais velocidade garantindo maior estabilidade.

Além dos governadores outro componente determinante é o tipo de partida ao qual o motor será submetido, existem três tipos de partida mais comumente utilizadas, Pereira as detalha da seguinte forma:

Os dispositivos de partida do motor Diesel podem ser elétricos, pneumáticos ou a mola. A partida elétrica é empregada na maioria dos casos. Utiliza-se se a partida pneumática ou a mola, onde, por qualquer motivo, não seja viável a utilização de partida elétrica, que é o meio de menor custo. A partida a mola só é aplicável em motores Diesel de menor porte, abaixo de 100 CV. Para motores Diesel de grande cilindrada, a partida a ar comprimido é feita por meio da descarga de certa quantidade de ar sob alta pressão em um cilindro predefinido, cujo êmbolo é posicionado próximo ao PMS para receber o primeiro impulso. Ao deslocar-se rapidamente em sentido descendente, faz com que em outros cilindros os êmbolos atinjam o

PMS do tempo de compressão e recebam injeção de combustível, iniciando o funcionamento. Nos motores de menor porte, pode-se instalar um motor de partida a ar comprimido, que funciona de modo similar ao motor elétrico. Geralmente esta solução é adotada em ambientes onde, por motivo de segurança, não se permitam o uso de componentes elétricos que possam produzir faíscas. [67]

De todos os esquemas de partida o mais empregado é o por baterias a imagem abaixo ilustra sua conexão com um motor de partida:

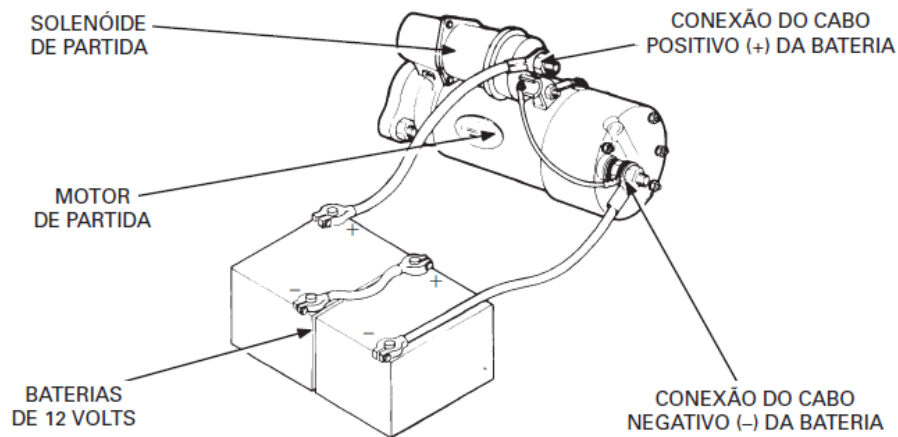


FIGURA 2.3: Sistema de partida com bateria e motor de partida.

3-VIABILIDADE ECONÔMICA

3.1- Dimensionamento de um grupo motor gerador

Quanto ao estudo de aplicação de uso de um grupo motor gerador, antes de se iniciar qualquer tipo de cálculo é necessário analisar a necessidade da utilização de um grupo motor gerador (obrigatória ou não), seu regime de funcionamento (prime, emergencial, standby, etc.), o tipo de carga característica da instalação e sua demanda. A instalação ao qual o presente

⁶⁷ PEREIRA, José Cláudio. **OPUS cit.**

estudo de caso submeteu a análise é a AMINAS- Associação Mineira de Assistência a Saúde, com sede em Bom Jesus do Galho, Minas Gerais, esta instituição constitui-se de um hospital enquadrando no quesito obrigatório de uso de um sistema de energia emergencial como é atestado pela Cummins:

Em geral, estas aplicações são aquelas classificadas pelas autoridades como aplicações de “emergência” ou “standby”, e exigidas por lei nos locais onde a segurança, a integridade física, e a proteção à vida, são essenciais. Estas aplicações podem ser definidas por normas técnicas para segurança em edificações ou por normas técnicas específicas para instalações das quais dependam a saúde ou a vida de terceiros, e, normalmente, envolvem instalações como centros de saúde (hospitais, clínicas, enfermarias), grandes edificações e locais onde há grande tráfego de pessoas (teatros, centros de convenções, praças esportivas, hotéis).[68]

Como citado as aplicações de grupos motores geradores mais comumente utilizadas neste caso é como emergência ou standby, a Cummins classifica um sistema em standby da seguinte forma:

A classificação “Energia Standby” é usada para definir aplicações de emergência onde a energia é fornecida durante uma interrupção no fornecimento pela fonte de energia usual (rede pública de energia). Para esta classificação, não se admite qualquer valor para capacidade de sobrecarga sustentada (Equivalente à Energia de Parada por Falta de Combustível de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514). Esta classificação é aplicada apenas para instalações servidas por uma fonte usual e confiável de energia e cargas variáveis que apresentem um fator médio de consumo de carga correspondente à 80% da classificação “standby” durante um período de tempo máximo de 200 horas de operação por ano, ou, por um período de tempo máximo de 25 horas por ano, com consumo de carga correspondente à 100% de sua classificação “standby”.[69]

Apesar da necessidade prévia do uso de um grupo motor gerador, é de interesse do proprietário submeter sua instalação não somente para um estudo de adequação à norma porém utilizar um grupo motor gerador para suprimento de energia de forma a economizar no consumo da instalação caso se faça necessário e seja rentável mediante às justificativas já esplanadas no capítulo 1 desta obra, para tanto é necessário elevar seu padrão de carga de standby para prime, o sistema Prime é definido pela Cummins como:

⁶⁸ CUMMINS. **OPUS cit.**

⁶⁹ CUMMINS. **OPUS cit.**

A classificação “Energia Prime” é usada para definir as situações nas quais o fornecimento de energia elétrica pelo grupo gerador substitui a energia adquirida da empresa distribuidora. O número de horas de operação permitido por ano é “ilimitado” para aplicações com “carga variável”, porém, é “limitado” para aplicações com “carga constante”, conforme descrito abaixo. (Equivalente da classificação “Energia Prime” de acordo com a norma ISO8528 e da classificação “Energia de Sobrecarga” de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514.).^[70]

Como definido um sistema de energia Prime pode ser dividido em ilimitado e limitado, a Cummins diferencia ambos os sistemas; o sistema ilimitado ela define da seguinte forma :

A classificação do tipo “Energia Prime” permite que o grupo gerador esteja disponível por um número “*ilimitado*” de horas de operação, ao ano, em aplicações com “*carga variável*”. Aplicações que exijam qualquer operação em paralelo com a fonte usual de energia, com carga constante, estão sujeitas à limitações de tempo de funcionamento. Em aplicações com carga variável, o fator de carga médio não deve exceder 70% da Classificação de “Energia Prime”. Uma capacidade de sobrecarga de 10%, é admissível, por um período máximo de 1 hora para cada de um período de 12 horas de operação, porém, não deverá exceder 25 horas ao ano. O tempo total de operação na classificação “Energia Prime” não deve exceder 500 horas por ano.^[71]

Quanto ao sistema limitado ela define da seguinte forma:

A classificação do tipo “Energia Prime” permite que o grupo gerador esteja disponível por um número “*limitado*” de horas de operação, ao ano, em aplicações com “*carga constante*”, tais como, energia interrompível, redução de carga, corte de pico e outras aplicações que, em geral, envolvem a operação em paralelo com a fonte usual de energia. Os grupos geradores podem operar em paralelo com a fonte usual de energia durante até 750 horas por ano, em valores de potência que não excedam a classificação de “Energia Prime”. Deve-se ressaltar que a vida útil do motor será reduzida caso seja utilizado de modo constante para alimentar altos valores de carga. Qualquer aplicação que exija mais de 750 horas de operação por ano conforme os parâmetros da classificação “Energia Prime”, deverá, ao invés disso, utilizar a classificação “Energia de Carga Básica”.^[72]

É mais interessante e economicamente viável a aplicação da energia “Prime limitado” uma vez que esta se adéqua de forma mais realista ao estudo proposto, uma vez que seu objetivo é acionar o grupo motor gerador em

⁷⁰ CUMMINS. **OPUS cit.**

⁷¹ CUMMINS. **OPUS cit.**

⁷² CUMMINS. **OPUS cit.**

apenas algumas horas do dia de forma que se compense o consumo da concessionária com de outra fonte caso se mostre viável. A Cummins justifica o uso deste tipo de geração com a seguinte citação:

O uso de grupos geradores em aplicações do tipo “energia prime” ou “contínua” tem se tornado predominante em muitos dos países em desenvolvimento, assim como, em muitas aplicações do tipo geração distribuída de energia. Muitas oportunidades estão sendo criadas para as empresas distribuidoras de energia assim como para os consumidores de energia pela rede pública. Mudanças na regulamentação (ou mesmo a desregulamentação) do setor de geração e distribuição de energia, assim como, maior rigidez nas normas de proteção ambiental forçam as empresas distribuidoras energia a procurar formas alternativas de produção e distribuição ao invés da construção de novas usinas de geração. Estas alternativas para atender ao aumento da demanda incluem o corte nos picos de consumo (“peak shaving”) e contratos com tarifas reduzidas (“interruptible rate”) para o incentivo na redução de consumo em períodos de alta demanda. Os clientes das empresas distribuidoras de energia são incentivados a utilizar a geração local para reduzir o consumo de pico de energia da rede pública, bem como, a explorar oportunidades de co-geração nos locais onde haja demanda para energia elétrica e energia térmica.[73]

Com a citação acima pode-se concluir que as empresas concessionárias têm estimulado a geração de energia afim de diminuir a sobrecarga na demanda em horários de pico reduzindo custos em infra-estrutura e estimulando boas práticas de consumo, além disto vale ressaltar que uma das principais motivações para o presente estudo foi a repentina crise energética decorrente da crise hídrica neste ano de 2015, o que tornou o investimento de um gerador uma alternativa interessante para ser implantada no hospital.

Para a adequação da instalação para fornecer energia Prime é preciso atentar para a citação de Gonçalves filho, ET.al. :

Um sistema simples de energia “prime” utiliza pelo menos dois grupos geradores e uma chave comutadora para transferir a energia para as cargas conectadas a eles. Um dos grupos geradores funciona continuamente, com uma carga variável, enquanto o outro serve como reserva para o caso de eventuais quedas de energia, bem como, para permitir o desligamento do primeiro grupo gerador para trabalhos de manutenção. É possível utilizar um relógio (temporizador) na chave comutadora para efetuar a alternância entre os grupos geradores em intervalos de tempo predeterminados.[74]

⁷³ CUMMINS. **OPUS cit.**

⁷⁴ GONÇALVES FILHO, Francisco Molinari, Et.al. **OPUS cit**

A instalação já conta com um grupo gerador de emergência, portanto o que resta saber é se a implantação de mais um em paralelo é realmente viável.

Para o dimensionamento de um gerador Prime é preciso saber não apenas a demanda das cargas da instalação mas também o tipo de carga a qual se deseja alimentar como afirma a Cummins:

De qualquer forma, deve-se ter em mente que os grupos geradores são fontes de energia de pequeno porte quando comparados com capacidade de fornecimento de energia pela rede pública, e, as características operacionais das cargas podem ter um efeito significativo na qualidade da energia caso o gerador não seja dimensionado de forma correta. Considerando que um gerador é uma fonte de energia de capacidade limitada, sempre que forem conectadas ou desconectadas cargas a um gerador, deve-se esperar que hajam alterações na tensão e na frequência. Essas alterações devem ser mantidas dentro de limites aceitáveis para todas as cargas conectadas. Além disso, haverá o surgimento de distorções na tensão de saída do gerador quando forem conectadas cargas não lineares que produzam correntes harmônicas.[⁷⁵]

A cummins completa o exposto com a seguinte citação:

Durante a partida de uma carga ou em condições de funcionamento onde hajam picos de consumo de energia, cargas transientes súbitas podem provocar alterações na tensão e na frequência produzida pelo gerador. Estas alterações podem ser prejudiciais à carga conectada, podem ser grandes o suficiente para impedir uma partida bem-sucedida da carga, ou ainda, prejudicar o funcionamento apropriado da carga caso o gerador tenha sido subdimensionado. Embora algumas cargas sejam bastante tolerantes a oscilações transientes de tensão e de frequência durante curtos períodos de tempo, outras cargas podem ser muito sensíveis. Em alguns casos, este equipamento (carga) deve ter controles de proteção que provoquem o seu desligamento sob tais condições. Embora não sejam tão críticos, outros efeitos tais como a redução da intensidade da iluminação ou a aceleração brusca de elevadores podem ser, no mínimo, incômodos.[⁷⁶]

Por se tratar de um hospital a AMINAS possui de forma predominante cargas de iluminação, ar condicionado e Raios-x, este último é uma carga de extrema sensibilidade e que influencia diretamente no dimensionamento de todo o grupo motor gerador como cita a Cummins:

⁷⁵ CUMMINS. **OPUS cit**

⁷⁶ CUMMINS. **OPUS cit**

Os equipamentos de diagnóstico por imagem, como Raios-X, Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética possuem características únicas de partida e funcionamento que devem ser consideradas no dimensionamento de um grupo gerador. O pico de carga, em kVA ($kVA \times ma$), e a queda de tensão permitida são fatores essenciais para o dimensionamento de um grupo gerador para aplicações onde sejam utilizados equipamentos de diagnóstico por imagem.^[77]

As conseqüências de um mau dimensionamento são explanadas pela Cummins na seguinte citação:

Em primeiro lugar, quando um equipamento de diagnóstico por imagem é alimentado por um grupo gerador, as imagens produzidas podem ser diferente das imagens produzidas quando o mesmo equipamento é alimentado pela rede elétrica de energia. A razão para isso se deve à diferença nas características de queda de tensão quando o equipamento está em funcionamento. A queda de tensão tenderá a ser constante quando a fonte de alimentação for a rede pública de energia elétrica, e, será maior e com maiores variações quando a fonte de alimentação for um grupo gerador. O modo com que o regulador de tensão do grupo gerador tenta regular a tensão durante uma queda também afeta as características da queda de tensão.^[78]

A Cummins complementa a citação com a seguinte afirmação:

Em geral, os equipamento de diagnóstico por imagem são projetados para serem alimentados com energia da rede elétrica. Contudo, a maioria destes equipamentos possui um compensador para a tensão de alimentação, que pode ser ajustado pelo instalador ou pelo operador do equipamento. Nas aplicações em que o grupo gerador é a única fonte de energia disponível, o compensador para a tensão de alimentação pode ser ajustado para compensar a queda de tensão esperada com o uso do grupo gerador. Quando um equipamento de diagnóstico por imagem estiver ajustado para funcionar utilizando a energia da rede pública, o grupo gerador deverá reproduzir, tanto quanto seja possível, as mesmas características de queda de tensão da rede pública de energia. A partir da experiência acumulada no passado com este tipo de equipamento, pode-se esperar que sejam produzidas imagens de qualidade satisfatória quando a classificação de potência (em kVA) do gerador (alternador) corresponder à, pelo menos, 2,5 vezes o pico de consumo de potência (em kVA) do equipamento de diagnóstico por imagem. Pode-se esperar uma queda de tensão entre 5 e 10% quando o dimensionamento do grupo gerador é feito utilizando este critério.^[79]

⁷⁷ CUMMINS. **OPUS cit**

⁷⁸ CUMMINS. **OPUS cit**

⁷⁹ CUMMINS. **OPUS cit**

O comportamento da queda de tensão causada pela alimentação de um grupo motor gerador alimentando uma carga seja de um Raio-X, aparelho de ressonância ou tomografia computadorizada é exemplificado pelo seguinte gráfico:

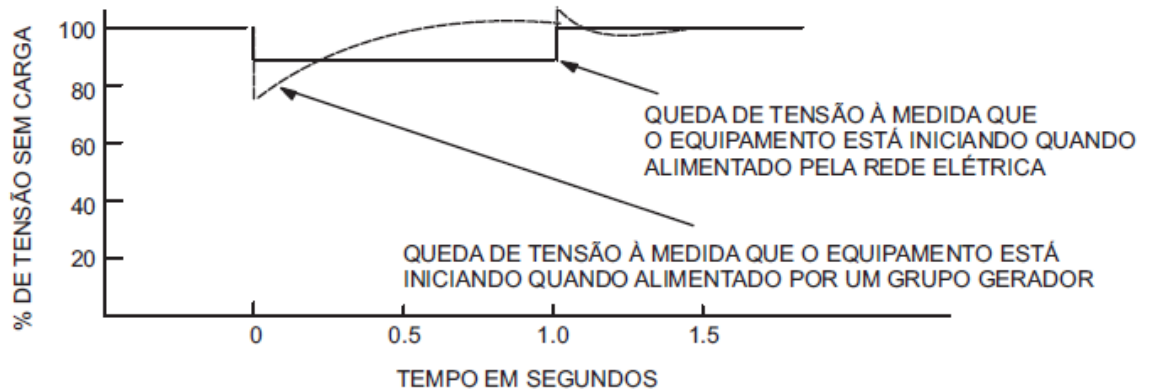


GRÁFICO 3.1: Resposta transiente de tensão em grupo gerador com raio-x.

A Cummins também fornece a seguinte tabela relacionando a potência de um equipamento de imagem (Raio-x, Ressonância magnética e tomografia) com a potência mínima de um grupo motor gerador:

CLASSIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE IMAGEM		PICO EM kVA*	kVA MÍNIMO DO GERADOR
Ma	kVP		
15	100	1,5	3,8
20	85	1,7	4,3
40	125	5,0	12,5
50	125	6,3	15,8
100	125	12,5	31,3
200	125	25,0	62,5
300	125	37,5	93,8
300	150	45,0	112,0
500	125	62,5	156,0
500	150	75,0	187,0
700	110	77,0	192,0
1200	90	108,0	270,0

* - Multiplique o pico em kVA pelo fator de potência (FP) para obter o pico em kW. Se o FP for desconhecido, assumo 1,0.

TABELA 3.1: Dimensionamento de grupo gerador em função da potência do raio-x

Apesar do dimensionamento de um grupo motor gerador ser possível de ser feito à mão hoje existem softwares que realizam todos os cálculos e levam em consideração as características de todas as cargas tal uso é justificado pela Cummins:

Atualmente os programas de computador disponíveis para o dimensionamento de geradores permitem uma escolha mais precisa do grupo gerador assim como também permitem um grau mais elevado de confiança para a aquisição de um sistema de grande porte adequado e suficiente para as necessidades do cliente. Nem maior nem menor.^[80]

O software utilizado foi o GenSize disponibilizado gratuitamente pela Cummins, a seguir pode-se ver a imagem do software:

Detalhes do projeto

Nome do Projeto : *

Comentários :

Pais do projeto : * --Select--

Número de grupos geradores em paralelo : * 1

Carga Mínima Do Grupo Gerador Permitida, % De Capacidade Nominal : * 30 %

Limite Máximo De Carga Que O Grupo Gerador Permite, % Da Capacidade Nominal : * 100 %

Limites de queda transientes a : Step level Project level

Queda de Tensão máxima permitida no projeto : 35 %
(Para desvio relacionado à bomba anti-incêndio, consultar a seção de anotações)

Queda de frequência máxima permitida no projeto : 10 %

Altitude (pés/metros) : * 361.0 / 110.03

Temperatura ambiente (°F/°C) : * 77.0 / 25.0

Aumento de temperatura máximo permitido do alternador(°C) : * 125 / Class H

Emissões : * No Preference

Tipo de aplicação : * --Select--

Combustível : * Diesel Frequência : 60Hz

Nº de fases : * Three Regime de Operação : Standby

Tensão : * --Select--

FIGURA 3.1: Tela inicial do GenSize.

⁸⁰ CUMMINS. OPUS cit

Os principais parâmetros são definidos como a seguir, seguindo o manual da Cummins:

- Número de grupos geradores: O valor padrão é 1 porém caso a carga total seja maior que 1000KW é indicado conectar mais de um gerador para garantir maior confiabilidade e flexibilidade, contudo se a carga for inferior a 300KW, não é economicamente viável conectar grupos geradores em paralelo, porém, tecnicamente é possível;
- Carga mínima do grupo gerador permitida: Operar um grupo gerador abaixo do que ele foi dimensionado pode causar danos e reduzir a confiabilidade. A Cummins não recomenda a utilização de grupos geradores caso estes alimentem uma carga 30% abaixo do que ele foi especificado, a mesma empresa também recomenda que não se deve por em funcionamento um grupo gerador abaixo de 10%;
- Limite máximo de carga: A carga máxima permitida em um grupo motor gerador é entre 50% e 100% da carga nominal por curto período de tempo;
- Queda máxima de tensão: A capacidade de um grupo gerador deve ser proporcional à queda de tensão, principalmente no instante da partida, em caso de queda de tensão maiores que 40% pode resultar em falhas nos relés e contadores, o GenSize admite por padrão queda de 35%;
- Queda de frequência permitida: O grupo gerador constitui-se de uma fonte limitada de energia se comparada à rede elétrica, as oscilações de tensão e frequência ocorrem durante eventos do tipo carga transiente o valor padrão do GenSize é de 10%;
- Elevação máxima de temperatura no alternador: tendo como base uma temperatura ambiente de 40° C a elevação máxima de temperatura do alternador não deve ser superior a 125° C, recomenda-se a utilização de alternadores que apresentem uma menor elevação de temperatura quando o grupo gerador for suprir muitas cargas não lineares.

Os demais parâmetros são fáceis de estabelecer, porém uma vez definidos a Cummins estabelece o próximo passo da seguinte forma:

A próxima e mais importante etapa no dimensionamento de um grupo gerador no software GenSize é a especificação dos tipos e as magnitudes das cargas que o grupo gerador deverá suprir. Como ocorre para a maioria das operações no GenSize, os valores das cargas podem ser inseridos através da tela de menu que se abre ao selecionar as opções: projetos, adicionar nova carga, ou utilizando-se os ícones da barra de ferramentas. Depois de selecionado um determinado tipo de carga é apresentada a tela com o formulário para entrada de cargas. Cada tela contendo o formulário é aberta apresentando os “valores padrão” das características das cargas e que podem ser alterados conforme a necessidade.^[81]

Prosseguindo a citação a Cummins continua:

À medida em que as características de cada uma das cargas são introduzidas, elas são apresentadas em uma listagem localizada no lado esquerdo da tela, referente ao projeto no qual está se esteja trabalhando. Selecione (utilizando o botão esquerdo do mouse) qualquer uma das cargas da listagem para que sejam exibidas as suas características operacionais, no lado direito da tela. “Clique” duas vezes com o botão esquerdo do mouse sobre o ícone de qualquer uma das cargas para abrir o formulário de entrada de dados relativos a esta carga e para editá-los.^[82]

Além das funcionalidades já citadas a Cummins também cita as seguintes capacidades do software GenSize:

Com base nas características de cada carga, o software GenSize calcula os valores da potência de operação em kW (RkW), potência de operação em kVA (RkVA), potência de partida em kVA (SkVA), potência de partida em kW (SkW), fator de potência para partida (SPF), potência de pico em kVA (PkVA), potência de pico em kW (PkW) e corrente elétrica de funcionamento (Ramps). Quando o grupo gerador é utilizado para suprir cargas não-lineares, pode ser necessário superdimensionar o alternador e o software GenSize calcula o valor da potência em kW (AkW) para alternador alimentar esta carga.^[83]

⁸¹ CUMMINS. **OPUS cit**

⁸² CUMMINS. **OPUS cit**

⁸³ CUMMINS. **OPUS cit**

A seguir é possível observar a tela da segunda parte do GenSize, onde se adiciona uma carga de “Imagem médica”:

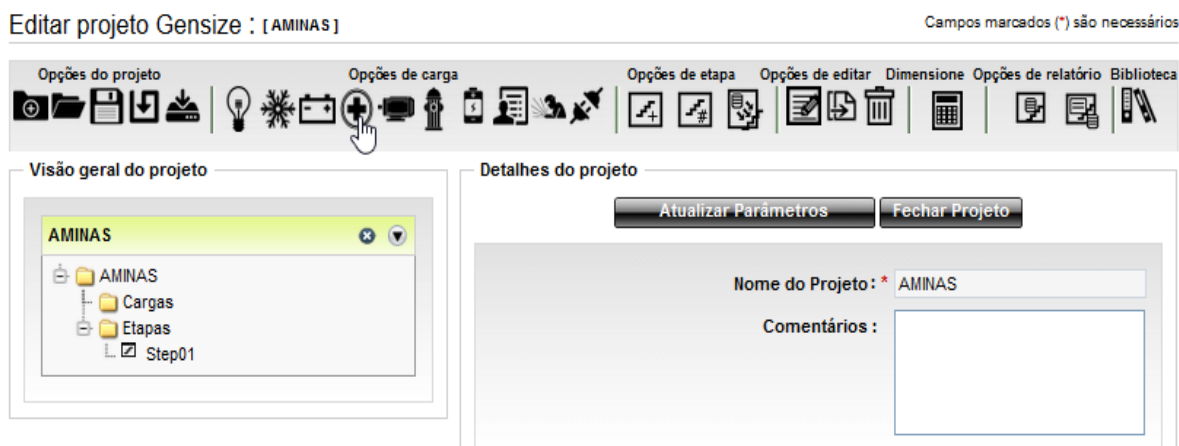


FIGURA 3.2:Tela de dimensionamento do GenSize.

Após clicar na opção a seguinte tela aparece, podendo configurar os parâmetros especificados de cada carga:

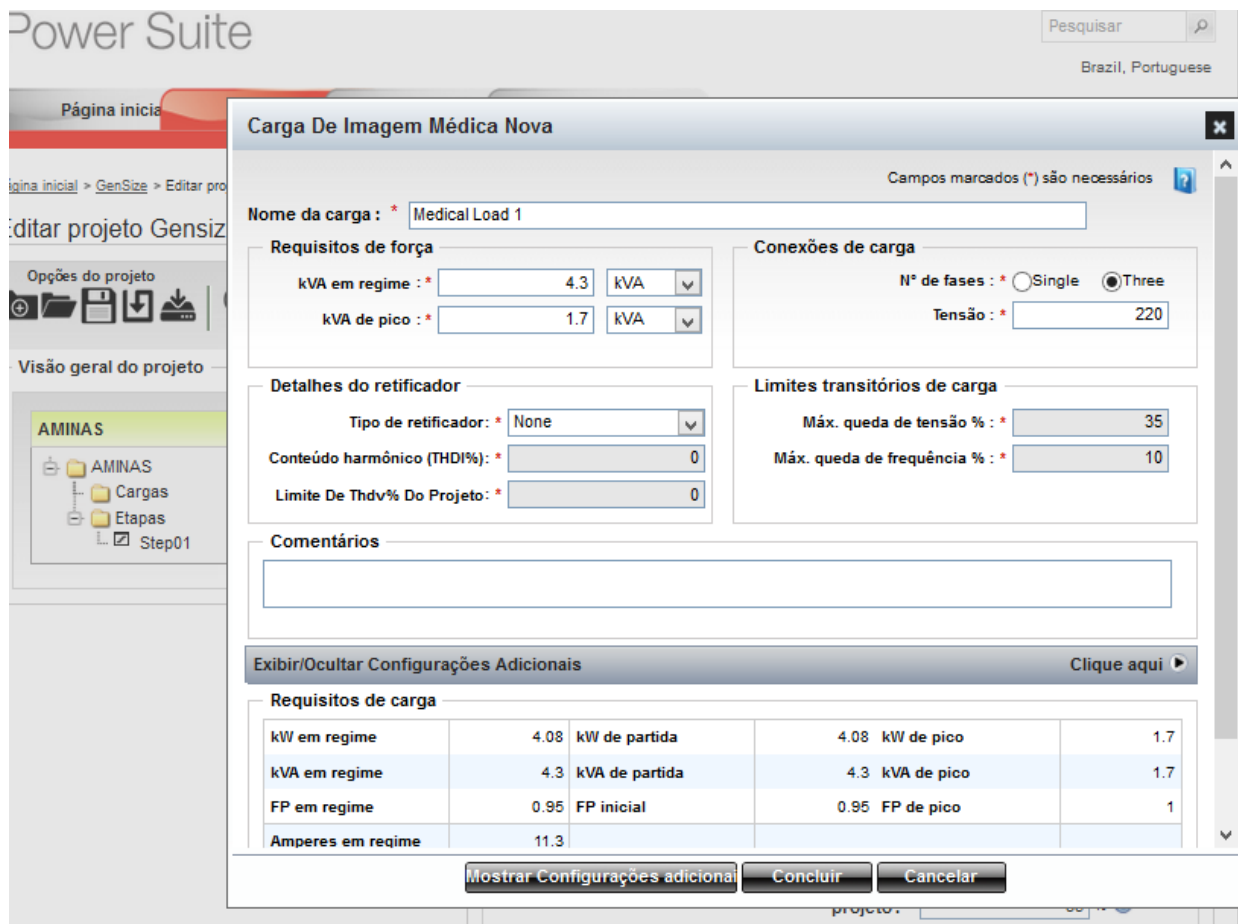


FIGURA 3.3: tela de configuração de carga para Raio-x

Para este tipo de equipamento as variáveis podem ser determinadas seguindo a tabela 3.1 deste mesmo capítulo, as outras cargas, vale ressaltar que uma vez adicionada a carga, estas aparecem no canto esquerdo abaixo da pasta cargas e ao lado pode se constatar uma tabela com toda a descrição desta como na imagem a seguir:

Editar projeto Gensize : [AMINAS] Campos marcados (*) são necessários

Detalhes da carga : Medical Load 1	
Nome da carga	Medical Load 1
Comentários	
Tipo	Medical Imaging Load
Nº de fases	Three
Tensão Do Projeto	127/220, Parallel Wye
Tensão	220
kW em regime	4,08
kVA em regime	4,30
FP em regime	0,95
Amperes em regime	11,30
kW de partida	4,08
kVA de partida	4,30
FP inicial	0,95
kW de pico	1,70
kVA de pico	1,70
FP de pico	1,00
Amperes de pico	4,47
Máx. queda de tensão %	35
Máx. queda de frequência %	10

Looking for other Cummins Products? | Privacy Policy | Terms of Use
 Cummins®, Onan® and the "C" logo are registered trademarks of Cummins Inc.
 ©2015 Cummins Power Generation. All Rights Reserved.

FIGURA 3.4: Imagem do quadro de cargas do GenSize.

Uma vez adicionadas as cargas é só clicar no ícone dimensionar que o programa retorna como grupo motor gerador específico para o uso. O grupo motor gerador retornado é o C20D06 as especificações dele estão nas tabelas à seguir com os dados do consumo de combustível e suas demais especificações:

Potencia Nominal	Standby				Primo			
	25 kVA	20 kW	22,5 kVA	18 kW	22,5 kVA	18 kW	22,5 kVA	18 kW
Carga Aplicada	Full	3/4	1/2	1/4	Full	3/4	1/2	1/4
Consumo (Litros / Hora)	8	6	4	2	7,2	5,3	3,7	2,5

TABELA 3.2: Consumo de combustível para o grupo motor gerador C20D06.

Modelo	C20D6	Alternador - Regulação de voltagem	± 1,0%
Potência em Standby	25 kVA / 20 kW	Alternador - Classe de isolamento	H
Potencia em Prime	22,5 kVA / 18 kW	Grau de Proteção	IP 21
Fabricante do Motor	Cummins	Consumo de Combustível (Standby)	08,0 l/h
Modelo do Motor	X 2.5 G4	Consumo de Combustível (Prime)	07,2 l/h
Cilindros	3 cilindros	Capacidade de óleo lubrificante	6,5 l
Construção do motor	em linha	Capacidade de líquido de arrefecimento (somente o motor)	2,2 litros
Regulador de Velocidade/Classe	Mecânico	Capacidade de líquido de arrefecimento (motor + radiador)	7,5 litros
Aspiração e pós-arrefecimento	Natural	Temperatura de escape (Prime)	630°C
Diâmetro e Curso	91,44 mm x 127 mm	Vazão de gases de escape (Prime)	106 l/s
Taxa de Compressão	18,5:1	Contra pressão máxima de escape	76 mm Hg
Cilindrada	2,50 litros	Vazão de ar do radiador	1,45 m³/s
Arranque / Min °C	Não Auxiliada / -12°C	Consumo de ar para combustão	50 l/s
Capacidade da Bateria	88 A/h	Mínima abert. de entrada ar na sala	0,5 m²
Potência Bruta do Motor - Standby	25 kWm	Mínima abert. de saída de ar na sala	0,3 m²
Potência Bruta do Motor - Prime	23 kWm	Calor irradiado pelo motor (Prime)	10 kWm
Rotação	1800 rpm	Capacidade do tanque da base	55 litros

TABELA 3.3: parâmetros para o grupo motor gerador C20D06.

3.2- Análise financeira:

De posse dos valores pertinentes ao rendimento e consumo de combustível é possível fazer um estudo comparativo da energia gerada pelo grupo gerador com os valores das tarifas atribuídas à AMINAS pela concessionária.

Gonçalves filho,ET.al. fornecem a seguinte equação para o cálculo do custo de energia elétrica do grupo motor gerador:

$$CE_{gmg} = (CD \cdot C_{gmg} + M_{gmg}) / P_{gmg} \quad [^{84}] \quad (\text{Eq. 3.1})$$

Onde:

- CE_{gmg} : Custo da energia elétrica do grupo motor gerador (kWh);
- CD : Custo do Óleo Diesel (R\$/l);

⁸⁴ GONÇALVES FILHO, Francisco Molinari, Et.al. **OPUS** cit

- Cgmg: Consumo de Diesel do grupo motor gerador(l/h);
- Mgm: Custo de Manutenção do grupo motor gerador, fornecido pela Cummins (R\$/h);
- Pgm: Potência ativa do grupo motor gerador (kW).

Tomando como base:

- O reajuste do óleo diesel feito pela Petrobrás de 6% do dia 29 de setembro de 2015, segundo o site G1;^[85]
- O custo do óleo diesel de 2,948 R\$/l fornecido pela ANP (agência nacional de petróleo);^[86]
- O consumo de 7,2 l/h do grupo motor gerador no pior caso (operando com carga plena com demanda de 22,5KVA);
- O custo de manutenção fornecido pela Cummins de 4,62 R\$/h;
- Potência ativa do Grupo motor gerador de 18KW (Prime).

Aplicando-se estes valores na fórmula obtêm-se o seguinte valor de tarifa para o grupo motor gerador:

$$CEgmg=(2,948 \times 0,06+4,62)/18$$

$$Cemg=0,26649 \text{ R\$/KW/h}$$

De posse deste valor é possível comparar com o preço da tarifa vigente na conta de luz da AMINAS que é de 0,75276476 R\$/KWh, o que demonstra que a energia gerada pelo grupo motor é mais barata que a fornecida pela concessionária.

Gonçalves filho, Et.al., também definem a seguinte equação para cálculo do retorno mensal de um grupo gerador:

$$EM = CEM \cdot RE - (Cgmg \cdot RO + MAN) \quad [87] \quad (\text{Eq. 3.2})$$

Onde:

- EM: Economia mensal gerada;
- CEM: Custo médio com energia elétrica;

⁸⁵ TREVIZAN, Karina. **Petrobras anuncia reajuste da gasolina e do diesel nas refinarias**. G1, 2015. Disponível em: < <http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/09/petrobras-anuncia-reajuste-da-gasolina-e-do-diesel.html> >. Acessado em: 29 Sete. 2015.

⁸⁶ ANP. **Síntese dos preços praticados em Minas gerais**. ANP, 2015. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp > Acessado em: 29 Sete. 2015.

⁸⁷ GONÇALVES FILHO, Francisco Molinari, Et.al. **OPUS cit**

- RE: Reajuste médio mensal de energia elétrica;
- Cgmg: Custo médio mensal com consumo de óleo diesel;
- RO: Reajuste médio mensal do óleo diesel;
- MAN: Custos mensais com manutenção.

Considerando os valores da conta de luz março a setembro de 2015 e considerando que o grupo gerador vai operar por duas horas consecutivas diariamente os seguintes valores podem ser aplicados:

- Custo médio de energia elétrica: R\$5.280,73;
- Reajuste médio mensal de energia elétrica: 12,41% segundo a CEMIG;^[88]
- Custo médio mensal do consumo de óleo diesel: R\$1.315,99;
- Reajuste mensal de óleo diesel: 6%;
- Custos mensais com manutenção: R\$ 286,44.

Aplicando-se os valores obtemos:

$$EM = 5280,73 \times 0,1241 - (1315,99 \times 0,06 + 286,44);$$

$$EM = 655,34 - 365,4;$$

$$EM = 289,94;$$

A Economia Mensal será de R\$ 289,94.

Portanto o retorno médio mensal é de R\$ 289,94 , não levando em conta o investimento na aquisição do motor gerador que é de R\$ 29.496,34 orçamento feito pela cummins apedido do Aminas, que já é um investimento custeado pelo ministério da saúde.

⁸⁸ CEMIG. ANEEL define reajuste das tarifas da CEMIG. CEMIG, 2015. Disponível em: < http://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/reajuste_tarifario.aspx > Acessado em: Acessado em: 29 Sete. 2015.

3.3-Infraestrutura

O Hospital Aminas já possui toda infraestrutura civil e elétrica necessária para a instalação do novo motor gerador em paralelo ao atual, sendo tudo executados em conformidade com a norma técnica reguladora NR 18, garantindo a segurança individual e coletiva das pessoas envolvidas e funcionários do Aminas e de terceiros.

3.4-Características dos Equipamentos

Os equipamentos utilizados são muito sensíveis as variações na qualidade do suprimento elétrico, tensão e corrente entre eles podemos se destacar:

- 5 Ar condicionados de 18.000 btus/h potencia máxima 2.313 w corrente máxima 11.8 A 220 v.
- 1 Ar condicionado de 24.000 btus/h potencia máxima 7.032 w corrente máxima 11.6 A 220 v.
- 3 Arco cirúrgico raio-X 90 kvma 10/100mA
- 2 Esterizador (auto-crave) 9.000 watts

3.5 Conclusão:

Diante da atual crise hídrica mostrou-se imprescindível a busca por novas soluções, o uso dos grupos motores geradores é uma das formas mais plausíveis de implementação de geração distribuída mediante outras alternativas de energia renovável (eólica, solar, etc.) porém notou-se que o retorno para o investimento ficou muito abaixo do esperado, porém ainda assim é compensatório pois o custo da geração do motor dimensionado é bem inferior ao da concessionária. Porém existe a ressalva que apesar deste ano de 2015 ter sido marcado pela seca e a conseqüente elevação dos custos de energia para o ano de 2016 já se prevê o contrário, há previsões que choverá até 20% a mais do esperado em algumas regiões do sudeste o que resultará na regularização da produção de energia tornando possivelmente os custos relativos à geração do grupo motor gerador inviáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOS, Ronaldo. **Estudo de viabilidade técnico-econômica de pequenas centrais de cogeração a gás natural no setor terciário do estado de São Paulo**. USP, São Paulo, 2013. Acessado em : < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-30042013-154221/pt-br.php> >. Acessado em: 17 mar. 2015.

AQUINO, Thiago Rodrigues. **Cogeração de energia elétrica de biomassa de cana com o intuito de venda do excedente no mercado livre**. UFPE, Recife, 2007. Disponível em: < <http://www.posgraduacao.poli.br/monografias/Monografia%20Final%201%20Tu>

rma%20MBA%20CEE%20-%20Thiago%20Aquino.pdf>. Acessado em: 17 mar. 2015.

FERNANDES, Ademir Edson, CAMARGO, Jose Rui. **Estudo de caso de um sistema de cogeração em uma indústria farmacêutica**. UNITAU, 2010. Disponível em: < <http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/exatas/article/viewFile/1280/859> >. Acessado em: 17 mar. 2015.

FILHO, João Mamede. **Instalações elétricas industriais**. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

JUNIOR, Lideir Viana. **Cogeração- Desenvolvimento de metodologia para avaliação energética: estudo de caso aplicado a indústria de papel e celulose**. PUC-MG, belo Horizonte, 2007. Acessado em : <http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EngEletrica_VianaJuniorL_1.pdf> Acessado em: 17 mar. 2015.

MASSERONI, James, OLIVEIRA, Cristina Maria de. **Utilização de grupos geradores diesel em horário de ponta**. FACOS- Faculdade cenequista de Osório, 2012. Disponível em: <http://facos.edu.br/publicacoes/revistas/modelos/agosto_2012/pdf/utilizacao_de_grupos_geradores_diesel_em_horario_de_ponta.pdf> . Acessado em: 17 mar. 2015.

SOUZA, Adriano dos Santos, ET.al. **Adequação ao sistema de tarifação de consumidores de energia elétrica**. Revista OMNIA EXATAS, 2011. Disponível em<<http://www.fai.com.br/portal/ojs/index.php/omniaexatas/article/download/100/pdf>>. Acessado em: 17 mar. 2015.

CEMIG. ANEEL define reajuste das tarifas da CEMIG. CEMIG, 2015. Disponível em: < http://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/reajuste_tarifario.aspx > Acessado em: Acessado em: 29 Sete. 2015.

TREVIZAN, Karina. **Petrobras anuncia reajuste da gasolina e do diesel nas refinarias.** G1, 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/09/petrobras-anuncia-reajuste-da-gasolina-e-do-diesel.html> >. Acessado em: 29 Sete. 2015.

ANP. **Síntese dos preços praticados em Minas gerais.** ANp, 2015. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp > Acessado em: 29 Sete. 2015.

PEREIRA, José Cláudio. **Grupos motores geradores.** Engenheiro José Cláudio. Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/diesel1.pdf>>. Acessado em: 16 ago. 2015

GONÇALVES FILHO, Francisco Molinari, Et.al. **Estudo de caso para implantação de grupo motor gerador na universidade tecnológica federal do Paraná.** UTFPR, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3065> >. Acessado em: 17 ago. 2015.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010.** Acessado em : < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> >

BERGER, Pablo. **Formas de contratação de fornecimento de energia elétrica.** Revista O setor Elétrico, Ed.59, dez. 2010. Acessado em : <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-empresa/520-formas-de-contratacao-de-fornecimento-de-energia-eletrica.html> >

CEMIG. **Bandeiras tarifárias.** Acessado em: < http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Bandeiras_tarif%C3%A1rias.aspx >

ABRADEE. **Tarifas de energia.** Acessado em: <
<http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/tarifas-de-energia/tarifas-de-energia> >

PROCEL. **Conservação de energia: Eficiência energética de equipamentos e instalações.** Disponível em: <
<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98}&Team=¶ms=itemID={A3930774-1821-47DC-8562-F1B07E13668C};&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}> >