



AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS ENERGÉTICOS EM ESTÁBULO LEITEIRO NO NOROESTE DO PARANÁ

Gislaine Silva Pereira¹ & Eduardo David²

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento das variáveis elétricas consumo, demanda, fator de potência e determinar o consumo específico de energia elétrica por litro de leite produzido no processo produtivo de um estábulo leiteiro no noroeste do estado do Paraná. A edificação em questão está localizada em zona rural do município de Rondon, tendo como principal atividade a produção de leite. A limpeza do sistema de ordenha mecânica é efetuada duas vezes ao dia com o uso de água aquecida por resistência de imersão. A retirada do leite do tanque é efetuada em intervalos de dois dias, sendo este encaminhado para o laticínio. A coleta dos dados de energia elétrica foi realizada com a utilização de um analisador de energia portátil, modelo RE4000 da Embrasul. Foram mensurados valores de consumo, demanda e fator de potência de energia elétrica (valores integralizados em intervalos de 15 min), em três períodos de coletas, sendo estes T100, T50 e T0, que correspondem respectivamente ao uso da resistência de imersão no processo de aquecimento de água para limpeza do sistema de ordenha nas duas ordenhas diárias (T100); em apenas uma ordenha (T50) e em nenhuma delas (T0). Foram determinados valores de consumo específico de energia por litro de leite produzido em cada tratamento. Verificou-se a homocedasticidade dos dados e posteriormente foi efetuado o teste de Scott-Knott (5%) para comparação de médias entre os tratamentos. Pode-se observar que a não utilização da resistência de imersão no aquecimento de água diminuiu significativamente os valores das variáveis elétricas no processo produtivo, o que pode vir a influenciar nos custos de produção do estábulo leiteiro. A diminuição dos custos dispendidos do uso de energia elétrica favorece ao produtor maior retorno econômico com a atividade.

PALAVRAS-CHAVE: variáveis elétricas, demanda máxima, fator de potência, consumo específico.

EVALUATION OF ENERGY PARAMETERS IN MILK STABLE IN NORTHWEST OF PARANA

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the consumption, demand, and power factor variables and determine the specific consumption of electric energy per liter of milk produced from dairy cow production process in the northwest of Parana state. The construction in question is located in a rural area of the city of Rondon, with milk production as its main activity. The mechanical milking system is cleaned twice a day by water immersion resistance. The milk is withdrawn from the tank at two-day intervals, which is then sent to the dairy. The electric energy data was collected using a portable energy analyzer, model RE4000 from Embrasul. Consumption, demand, and power factor (values integrated in 15-minute intervals) were measured from three different cleaning treatment: immersion resistance after both milking (T100); immersion resistance after only one milking (T50) and without immersion resistance (T0). Specific values of energy consumption per liter of milk produced in each treatment were determined. The homoscedasticity of the data was evaluated and the Scott-Knott test (5%) was used to compare the treatment means. It was observed that the non-use of cleaning by immersion resistance in water heating significantly decreased the analyzed variables values that may influence the dairy production costs. Energy costs reduction favors the producer greater economic return with the activity.

KEYWORDS: energy variables, maximum demand, power factor, specific consumption.

1 INTRODUÇÃO

A energia e a humanidade caminham juntas (CAVALCANTE, 2013). A energia elétrica é considerada um recurso imprescindível para os processos agrícolas, em que a oferta e geração da mesma, é influenciada pelas crises ambientais, podendo interferir nos processos socioambientais e econômicos (DAVID et al., 2016).

Deste modo, a geração de energia elétrica, se caracteriza em situação preocupante para sociedade brasileira, devido ao desequilíbrio entre demanda e oferta (DUTRA; GONÇALVES; SANCHES, 2014). O suprimento desta demanda ocasionado pelo consumo desenfreado, tem como consequência o aumento da produção de energia elétrica. (PENNEREIRO; MELLO; CORADI, 2010).

Em busca de redução de perdas no sistema de produção de energia elétrica, e para que ocorra a melhoria no índice de eficiência energética, se faz necessário a adoção de medidas alternativas, como o uso de fontes renováveis e limpas na geração de calor; melhoria do

^{1 2} Universidade Estadual de Maringá, Campus do Arenito, Cidade Gaúcha, PR. Emails: gislainepereira@hotmail.com ; eduagrounic@yahoo.com.br

fator de potência de equipamentos, assim como o uso de equipamentos mais eficientes (SANTOS et al., 2010).

Segundo Sanquetta et al. (2017), o estado do Paraná, é líder em geração nacional de energia elétrica, com contribuição de 16,74% da produção no Brasil, porém, o estado é considerado grande consumidor desta energia, com participação em escala nacional de 6,22%.

A energia elétrica é um importante recurso para a agricultura familiar, a disponibilidade desta facilita na escolha de atividades para geração de renda no meio rural (OLIVEIRA; SIMON, 2004). Dentre diversas atividades geradoras de renda nas propriedades rurais, se tem a produção leiteira, atividade de grande importância para o setor do agronegócio brasileiro (SABBAG; COSTA, 2015).

Segundo dados da Conab (2016), o crescimento da produção de leite do ano de 2011 a 2014 aumentou de 32 bilhões para 35,1 bilhões de litros de leite, o que demonstra que a atividade leiteira no Brasil tem grande influência socioeconômica, desempenhando papel significativo na alimentação, geração de emprego e renda para a população brasileira (ROCHA et al., 2010).

Com o crescimento da produção de leite e a busca por altas produtividades, a atividade sofre influência do tipo de manejo adotado e alimentação de qualidade para os animais, sendo considerada sazonal e dependente das mudanças climáticas (PARANÁ, 2016). No estado do Paraná, a produção leiteira é predominantemente realizada pelos pequenos produtores (SANTOS et al., 2010), e a qualidade do produto final está intimamente ligada ao manejo, genética e sistema produtivo adotado (SABBAG; COSTA, 2015).

Deste modo, o produtor rural procura adquirir conhecimento necessário para acompanhamento dos resultados obtidos de sua produção, visando atender as demandas exigidas pelo mercado consumidor (DAL MAGRO et al., 2013).

Dalchiavon et al. (2017) ao avaliarem os custos da atividade sob diferentes sistemas de produção de leite, constataram que a energia elétrica é considerada um dos fatores que possui alto impacto nos custos totais da produção, sendo assim, Debastiani et al. (2014), constataram que é necessário a realização de práticas que resultam em ganho de eficiência energética para a diminuição de perdas com energia elétrica.

Segundo Stout (1984 apud BALDASSIN JUNIOR et al., 2004), os gastos de energia elétrica em operações diárias da produção leiteira, estão concentrados em 16% no processo de aquecimento de água. Além da necessidade de uso de água quente, o processo de ordenha e armazenamento de leite, aumentam a necessidade da utilização de energia elétrica (MIGLIAVACCA; SCARTAZZINI, 2015). O que reforça a utilização de práticas para racionalizar o uso.

A racionalização de energia é considerada um benefício, que é resultado da otimização das instalações existentes,

diminuição do desperdício e redução de investimentos em uma produção (COPEL, 2016).

Em um processo produtivo diversas variáveis elétricas podem exercer influência no custo final de produção, dentre estas se tem o consumo específico de energia elétrica, que indica o total de energia consumida para o processamento completo de um produto ou serviço específico, considerado um índice significativo na apuração de valores de economia de energia (CEMIG, 2011).

A demanda máxima e o fator de potência, também são parâmetros relacionados ao uso de energia elétrica em processo produtivo. Segundo a resolução 414 da Aneel, a demanda máxima de energia elétrica corresponde ao maior valor requerido durante determinado intervalo de tempo, no período faturado (NUNES, 2012). O fator de potência, é resultado da razão entre a potência ativa e a potência aparente de um sistema. Este parâmetro indica a eficiência de uso de energia (NEPOMUCENO; COZENDEY, 2013), e quanto mais próximo de um (1), maior tende a ser a eficiência energética do sistema.

Desta maneira, devido ao atual cenário econômico do país, influenciado pela flutuação e sazonalidade dos custos de geração de energia elétrica, se tem como necessidade a obtenção de melhoria no aproveitamento da energia consumida, reduzindo os desperdícios, com vista ao planejamento adequado e gestão mais eficiente do sistema (DAVID et al., 2016). Diante do exposto, o objetivo do presente estudo é avaliar o comportamento das variáveis elétricas consumo, demanda, fator de potência e determinar o consumo específico de energia elétrica por litro de leite produzido em processo produtivo de um estábulo leiteiro localizado no noroeste do estado do Paraná.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estábulo leiteiro, instrumento deste estudo, está localizado na zona rural no município de Rondon (Latitude: 23°25'17" S; Longitude: 52°46'10" O), no noroeste do estado do Paraná. A região possui bioma do tipo Mata-Atlântica, com altitude de 389 m em relação ao nível do mar, abrangendo área total de 555,125 km² (IBGE, 2012).

A edificação em questão, dedica-se exclusivamente a produção de leite. O manejo realizado consiste na alimentação do gado com pastagem durante nove meses, compreendidos por primavera, verão e outono. Durante o inverno a alimentação dos animais é realizada com o fornecimento de silagem.

O sistema de ordenha utilizado é do tipo Tandem, contendo duas fileiras com capacidade para cinco animais cada. A ordenha dos animais é efetuada em dois horários: às cinco da manhã e às quatro da tarde. No primeiro horário ordenha-se todas as vacas da propriedade e no segundo horário, apenas os animais de maior produção.

O leite ordenhado é transportado por canalização até o resfriador e posteriormente para um reservatório de passagem, o qual tem como objetivo diminuir o consumo de energia elétrica, evitando o acionamento constante do motor de sucção, ou seja, quando este atinge seu nível máximo (30 L), ocorre a transferência do leite para o resfriador. De acordo com o produtor, no inverno a produção média mensal da propriedade resulta em torno de 1.500 litros de leite.

A limpeza do sistema de ordenha é realizada com o uso de água aquecida por resistência de imersão. Para a limpeza do estábulo utiliza-se lavadora de pressão, sendo a sala de ordenha limpa diariamente, e a sala de espera dos animais duas vezes por semana. A retirada do leite do tanque é efetuada no intervalo de dois dias, sendo este encaminhado para o laticínio.

A coleta dos dados energéticos foi realizada com a utilização de um analisador de energia portátil, modelo RE4000, fabricado pela Embrasul. Para obtenção dos valores das variáveis elétricas, consumo, demanda e fator de potência; foram integralizados intervalos de 15 minutos, em três períodos de coletas totalizando 120 horas para cada período de coleta.

No primeiro período de coleta (T100), utilizou-se resistência de imersão para aquecimento de água na lavagem da tubulação e equipamentos de ordenha nos dois períodos de ordenha, representando 100% de uso da resistência. No segundo período (T50) a resistência de imersão foi utilizada apenas para o aquecimento de água no período vespertino, representando 50% de uso da resistência. No terceiro período (T0), não se utilizou a resistência de imersão em nenhuma das ordenhas do dia, representando 0% de uso da resistência.

Para o tratamento dos dados foi verificada a homocedasticidade dos resíduos e posteriormente efetuou-se o teste de Scott-Knott a 5% para comparação de médias dos tratamentos. As análises estatísticas serão realizadas com a utilização do software R sob plataforma do Rstudio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados através de análise de variância das variáveis elétricas na produção de leite estão contidos na tabela 1. Os tratamentos foram significativos para todas as variáveis elétricas avaliadas, desta maneira pode-se afirmar que houve diferença significativa entre a utilização ou não da resistência de imersão no aquecimento de água para limpeza do sistema.

Pelo teste de normalidade (tabela 1) verificou-se que houve normalidade de dados para todas as variáveis elétricas estudadas.

Tabela 1 - Verificação da homocedasticidade de variáveis elétricas no processo produtivo em estábulo leiteiro no Noroeste do Paraná.

Causas de variação	Parâmetros			
	CM ¹	DM ¹	CE ¹	FP ¹
Tratamento	0,01*	0,00*	0,00*	0,00*
Shap. Wilk	0,64*	0,67*	0,79*	0,07*
CV (%)	9,84	11,1	7,14	3,37
Média	49,27	10533	0,08	0,85

¹CM (Consumo médio – kWh⁻¹); DM (demanda máxima - kW); CE (Consumo específico de energia elétrica – kWh⁻¹L⁻¹); FP (Fator de potência); *significativo a 5%.

Através do coeficiente de variação pode-se observar a baixa variabilidade dos dados das variáveis elétricas avaliadas, sendo estes menores que 10%, exceto para a demanda máxima.

Segundo Dal Magro et al. (2013), o sucesso da produção rural, é influenciada pelo controle de custos gerados na obtenção do produto final, e o consumo de energia elétrica está diluído nestes custos para a atividade leiteira, o que corrobora também com Lopes, Santos e Carvalho (2012), que levaram em consideração o consumo de energia elétrica para produção leiteira de grandes propriedades rurais.

A figura 1 representa o consumo médio de energia elétrica gasto no processo produtivo de leite encontrado nos três períodos de coleta. Observa-se que com a utilização integral e parcial da resistência para aquecimento de água houve um aumento significativo no consumo de energia elétrica, isso pode ter sido ocasionado devido ao aumento na produção de leite de 565,4 L em T100 a 652,4 L em T50.

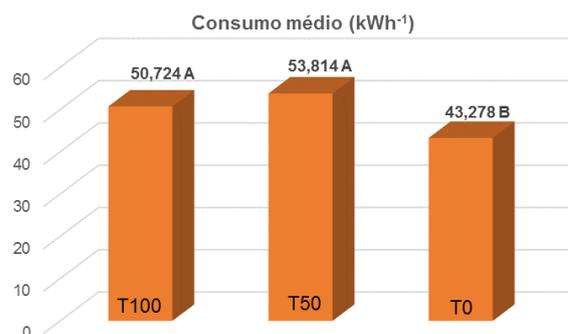


Figura 1 – Consumo médio de energia elétrica (kWh⁻¹) em estábulo leiteiro no Noroeste do Paraná.

Os preços tarifários de consumo vigentes do grupo B na modalidade convencional para zona rural são de R\$ 0,48 por kWh⁻¹ (COPEL, 2017). Com a retirada da resistência de imersão do processo produtivo, ocorreu uma diminuição de aproximadamente R\$ 5,00 no custo de energia elétrica consumida durante o estudo.

Segundo a figura 2, a menor demanda foi encontrada no período em que não se fez a utilização de resistência de imersão para aquecimento de água de limpeza do sistema de ordenha, o que expressou uma diminuição significativa no valor da demanda.

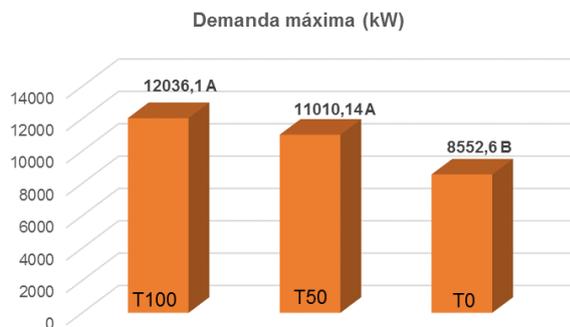


Figura 2 – Demanda máxima de energia elétrica (kW) em estábulo leiteiro no Noroeste do Paraná.

A determinação da demanda máxima ou potência máxima em um processo produtivo tem como objetivo determinar a potência que um gerador de energia elétrica deve possuir para suprir a necessidade de energia em caso de interrupção de fornecimento pela concessionária. Segundo Nunes (2012), a concessionária efetua cobrança de energia através da maior demanda registrada no mês. Na figura 3 pode-se observar que houve a diminuição significativa do consumo específico na produção leiteira com a retirada total da resistência de imersão durante as ordenhas diárias.

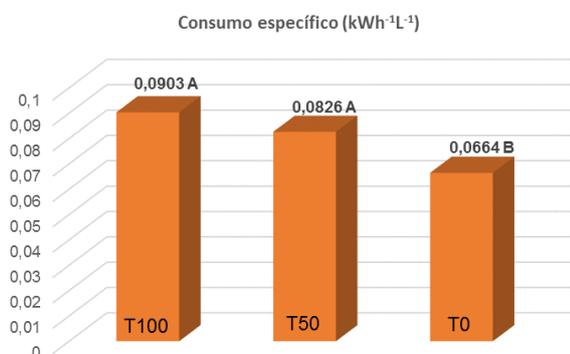


Figura 3 – Consumo específico de energia elétrica em estábulo leiteiro no Noroeste do Paraná.

Os valores demonstraram que a não utilização da resistência elétrica de imersão para aquecimento de água

diminuiu significativamente o consumo específico de energia. A substituição da resistência por outro sistema mais econômico, é uma alternativa viável na diminuição do consumo de energia elétrica, devido a necessidade de utilização de água quente para higienização do sistema de ordenha.

Celuppi et al. (2014) afirmam que sistemas de aquecimento de água que utilizam energia solar, contribuem em uma parte da energia requerida em processos produtivos, como no caso de agroindústrias.

Na figura 4 observou-se que o maior fator de potência encontrado estava em T100, o que cabe salientar que o enquadramento tarifário do produtor em questão é de consumidor classe “B” baixa tensão, onde não ocorre o valor da demanda contratada e nem cobranças extras devido a energia reativa gerada por baixos valores de fator de potência.

O limite mínimo para o fator de potência gerado é de 0,92, sendo este considerado fator de potência de referência, porém isto é regra apenas ao grupo tarifário de classe “A”, não sendo o caso da propriedade rural do estudo (GUEDES, 2011).

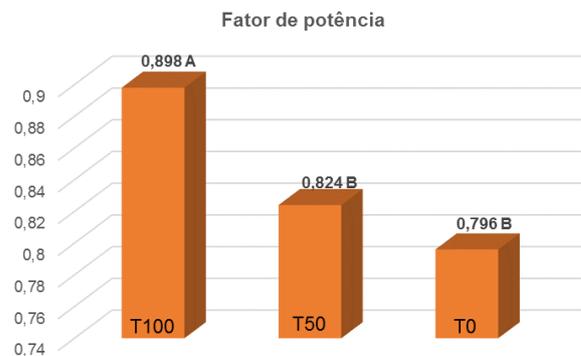


Figura 4 – Fator de potência em estábulo leiteiro no Noroeste do Paraná.

Ainda segundo Guedes (2011), as unidades consumidoras do grupo B, não podem ser cobradas pelo excedente de reativos, resultado do baixo fator de potência.

Com o presente estudo, verificou-se a necessidade de pesquisas para acompanhamento do processo produtivo de leite em relação aos custos do uso de energia elétrica. Para Sabbag e Costa (2015) dentre os condicionantes que podem influenciar no retorno econômico da atividade leiteira, estão os custos operacionais efetivos (mão de obra, insumos e energia elétrica).

NUNES, A. C. **Desenvolvimento de um controlador de demanda de energia elétrica residencial**. 2012. 78 p. Monografia (Especialização em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis.

OLIVEIRA, P. A.; SIMON, E. J. O consumo de energia elétrica produtiva e o valor produção agropecuária na região de Botucatu. In: Encontro de Energia no meio rural, 5., 2004, Itajubá. **Anais**. Itajubá: Agrener, 2004. p. 1-9

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Análise da Conjuntura Agropecuária**. Curitiba, 2016. 16 p. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Pr_ognoticos/2017/leite_2016_17.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2017.

PENEREIRO, J. C.; MELLO, L. P.; CORADI, T. B. Construção de um aquecedor solar de baixo custo sem cobertura: análise experimental da eficiência térmica para vários ensaios. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 18-34, 2010.

ROCHA, R.; NOGUEIRA, R. S.; CUNHA, B. C.; MESSIAS, M.; SIQUEIRA, W.; LIMA, R.; SOUZA, L.; OLIVEIRA, M. **Bovinocultura de Leite**. Brasília, DF: Fundação Banco do Brasil, 2010. 57 p. (Desenvolvimento Regional Sustentável, 1). Disponível em: <<http://www.bb.com.br/docs/pub/inst/dwn/VollBovinoLeite.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2017.

SABBAG, O. J.; COSTA, S. M. A. Análise de custos da produção de leite: Aplicação do método de monte Carlo. **Revista Extensão Rural**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 135-145, 2015.

SANQUETTA, C. R.; MAAS, G. C. B.; SANQUETTA, M. N. I.; SANQUETTA, F. T. I.; CORTE, A. P. D. Emissões de dióxido de carbono associadas ao consumo de energia elétrica no Paraná no período de 2010-2014. **Biofix Scientific Journal**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2017.

SANTOS, G. T.; MASSUDA, E. L.; KAZAMA, D. C.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F. **Bovinocultura leiteira: bases zootécnicas, fisiológicas e de produção**. Maringá: Editora Eduem, 2010. 381 p.

BALDASSIN JUNIOR, R.; CORTEZ, L. A. B.; JORDAN, R. A.; NEVES FILHO, L. C.; LUCAS JUNIOR, J.; PACCO, H. C. Consumo de energia elétrica de um laticínio tipo "A" e estudo de racionalização de uso de energia elétrica nos processos de resfriamento de leite e aquecimento de água: um estudo de caso. In: Encontro Anual de Energia no Meio Rural, 5., 2004, Itajubá. **Anais**. Itajubá: Agrener, 2004.