

A INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE BULBO ÚMIDO TERMÔMETRO DE GLOBO (IBUTG) NA PERDA DE PESO DE ELETRICISTAS DO GRUPO DE MANUTENÇÃO DE LINHAS ENERGIZADAS DA COMPANHIA ENERGÉTICA DE ALAGOAS (CEAL)

THE INFLUENCE OF WET BULB GLOBE TEMPERATURE (WBGT) ON BODY WEIGHT LOSS OF ELECTRICIANS OF THE MAINTENANCE GROUP OF ENERGIZED LINES FROM ENERGETIC COMPANY OF ALAGOAS (CEAL)

Ronald Fred Alves de Oliveira, M.Sc.

Centro Federal de Educação Tecnológica de Alagoas – CEFET/AL

Av. Des. Valente de Lima nº 918, ap. 803 - Ed. Marvejan – Mangabeiras - CEP: 57037-030

Maceió – AL

E-mail: ronald_fred@uol.com.br

Valdemberg Magno do Nascimento Pessoa, M.Sc.

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN

Rua Caramurú, nº 1967 – Candelária – CEP: 59065-010

Natal - RN

E-mail: berg_pessoa@uol.com.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar a possível correlação existente entre a perda de peso corporal verificada nos eletricitas do grupo de manutenção de linhas energizadas, na tensão de 69 kV, da Companhia Energética de Alagoas (CEAL), e o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG), durante a execução de diferentes procedimentos de manutenção em linha viva. Os resultados da pesquisa devem ser entendidos como restritos às condições climáticas e pessoais descritas no presente trabalho. O objetivo principal foi alcançado através da análise estatística de regressão linear, respaldada nos testes de significância necessários para validação do método empregado. De acordo com as avaliações efetuadas para determinar uma relação direta de variação de perda de peso corporal relacionada à variação do IBUTG, pode-se concluir que há estreita relação entre estes

parâmetros avaliados. Como consequência deste estudo, foi possível determinar uma equação básica que relaciona a perda de peso, função também da utilização de vestimenta especial na realização das tarefas, com as variáveis termoambientais que compõem o IBUTG. Uma das principais constatações obtidas com os aspectos abordados nessa pesquisa refere-se à importância significativa da perda de massa corporal, substancialmente perdas hídricas, que pode provocar consequências fisiológicas danosas à saúde do trabalhador. Os resultados sinalizam no sentido de se rever parcialmente os procedimentos normalizados adotados no Brasil para avaliação da exposição ocupacional ao calor.

Palavras-chaves: Perda de Peso Corporal; IBUTG; Manutenção em Linhas Energizadas.

Abstract

This paper has as purpose to examine the possible correlation between the body weight loss observed in the electricians of the maintenance group of energized lines, in 69 kV tension, from Energetic Company of Alagoas (CEAL), and the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) variation during the performance of different energized lines maintenance procedures. The results of the research must be understood as restrict to climate and personal conditions described in the present paper. The main objective was reached through linear regression statistic analysis based on significance tests necessary to validate the method applied. According to the evaluations accomplished for determining the direct relation of the body weight loss variation related to the variation of WBGT, it may be concluded that there is a close relation between the two examined parameters. As a consequence of this study, it was possible to determine a basic equation, which correlates the weight loss, also a function of the use of special garments during the execution of the tasks, with the variables that compose WBGT. One of the main evidences achieved with the aspects analyzed in this research refers to the significant importance of body mass loss, substantially water loss, which may cause harmful physiological consequences to the health of the worker. Results signal in the sense of reviewing partly the ruled procedures adopted in Brazil for evaluation of occupational exposure to heat.

Key words: Body Weight Loss; WBGT, Maintenance in Energized Lines.

1. Aspectos Legais Relativos à Insalubridade no Brasil

Inicialmente cumpre esclarecer o significado do termo ‘insalubre’. Segundo Pereira et al (1998, p. 14), “a palavra insalubre é originária do latim e significa tudo aquilo que não é salubre, que não é saudável, que é doentio, que pode causar uma doença ao longo do tempo” (grifo nosso). Continuando, o mesmo autor conceitua insalubridade como sendo o caráter ou a qualidade de insalubre.

De acordo com o sistema legal vigente no país e admitindo-se uma hierarquização em função desse sistema, o documento mais importante é sem dúvida a Constituição Federal de 1988. Nela está contemplada, mesmo que de forma não específica e não detalhada, a garantia constitucional de apreciação dos aspectos relacionados ao desenvolvimento das atividades laborais no que diz respeito aos riscos inerentes existentes. No seu Capítulo II - dos Direitos Sociais - Art. 7^o, Inciso XXII, encontramos incluso como direito dos trabalhadores “a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança” (BRASIL, Constituição da República de 1988).

Apesar da indiscutível significância admitida com a inserção de garantias trabalhistas relacionadas à saúde ocupacional, tanto na Constituição Federal quanto na Consolidação das Leis do Trabalho, os mais importantes Diplomas Legais relacionados à saúde ocupacional dos trabalhadores, em função das suas especificidades e detalhamentos, são um conjunto de Normas Regulamentadoras (NR’s), relativas à Segurança e Medicina do Trabalho, que foi aprovado pela Portaria N^o 3.214, de 8 de junho de 1978, e um conjunto de Normas Regulamentadoras Rurais – NRR, relativas à Segurança e Higiene do Trabalho Rural, aprovado pela Portaria N^o 3.067, de 12 de abril de 1988, ambas do Ministério do Trabalho.

Essas Normas abordam os mais diferentes aspectos relacionados às circunstâncias laborais, com o objetivo, dentre outros, de delimitar as ações necessárias à prevenção dos riscos relacionados às atividades e operações desenvolvidas pelos trabalhadores. Nesse conjunto de Normas são contemplados tanto os aspectos qualitativos quanto os quantitativos, de forma que se possa atuar no sentido de minimizar, controlar ou eliminar por completo os riscos que comprometeriam a saúde ocupacional do trabalhador.

Por outro lado, o constante avanço da tecnologia tem propiciado o surgimento de novas e diferentes atividades e operações, bem como a modificação de diversos fatores naquelas já existentes. Essa característica da sociedade moderna tem criado a necessidade de constante revisão de Normas já consagradas pelo uso, o que pode ser levado a efeito, como,

aliás, tem sido, através de Leis, Decretos e Portarias contendo alterações e atualizações daquelas já existentes, bem como definições relacionadas às novas ocupações.

1.2. Insalubridade Térmica e Regime de Trabalho

No Brasil, e de acordo com a Norma Regulamentadora Nº 15 (NR-15), uma atividade ou operação é considerada insalubre se o seu desenvolvimento se processa, dentre outros fatores, “acima dos limites de tolerância previstos nos anexos nºs 1, 2, 3, 5, 11 e 12” (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2000, p. 133, grifo nosso).

É importante considerar também que uma das características mais freqüentes no desenvolvimento de atividades em ambientes e condições insalubres, se nenhuma medida de controle for adotada, reporta-se aos efeitos nocivos provocados no organismo humano que tanto podem se apresentar de forma quase imediata, quanto após a exposição aos agentes insalubres acima dos limites de tolerância, em virtude dos aspectos cumulativos que vários desses agentes possuem.

O calor solar pode se constituir em sério problema ocupacional em atividades executadas a céu aberto, como os trabalhos rurais, a construção civil, etc., podendo tais situações ser agravadas em função da época do ano e da área geográfica onde são desenvolvidas as atividades (COX, 1973, p. 684).

Ainda de acordo com a Norma Regulamentadora Nº 15, citada anteriormente, entende-se por **Limite de Tolerância** “a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral” (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2000, p. 133).

O Anexo Nº 3 da Norma Regulamentadora Nº 15, NR-15, é o que trata dos **limites de tolerância para exposição ao calor**. Segundo esse Anexo, **a exposição ao calor** deve ser avaliada através do **Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG)**, índice esse que “representa o efeito combinado da radiação térmica, da temperatura de bulbo seco, da umidade e da velocidade do ar” (COUTINHO, 1998, p. 176 – 177). **A avaliação da exposição ao calor** tem como objetivo investigar a possível existência de **insalubridade térmica** no desenvolvimento de uma atividade, permitindo assim que se atue na definição de um **Regime de Trabalho - Período de Trabalho e de Descanso** adequado, que minimize,

controle ou elimine os riscos existentes.

As avaliações de calor efetuadas através do IBUTG estão sujeitas a variações climáticas que dependem das estações do ano. No entanto, para efeito da estipulação de medidas preventivas, devem ser consideradas sempre as piores condições ambientais (COX, 1973, p. 692). De acordo com a NR-15, as equações que definem o IBUTG são as que seguem. Para ambientes internos ou externos sem carga solar (sem radiação solar direta):

$$IBUTG = 0,7t_{bn} + 0,3t_g \quad (1)$$

Para ambientes externos com carga solar (com radiação solar direta):

$$IBUTG = 0,7t_{bn} + 0,2t_g + 0,1t_a \quad (2)$$

Onde: t_{bn} = temperatura de bulbo úmido natural
 t_g = temperatura de globo
 t_a = temperatura de bulbo seco

De acordo com o Anexo N^o 3 da Norma Regulamentadora N^o 15, NR – 15, os instrumentos que devem ser utilizados nesta avaliação são um termômetro de bulbo úmido natural, um termômetro de globo e um termômetro de mercúrio comum.

De posse do IBUTG, procede-se a **classificação da atividade** que está sendo avaliada em uma das três categorias previstas no Quadro N^o 3, Anexo N^o 3, da NR-15, aqui denominado Quadro 1.

Essa classificação pode ser realizada ou comparando-se a atividade em questão com aquelas descritas no quadro citado (reproduzido anteriormente), ou então a enquadrando de acordo com uma **estimativa da taxa metabólica** a ela relacionada. Conforme se pode verificar consultando-se o referido Quadro, uma atividade pode ser considerada como do **tipo leve, moderada ou pesada, em função das taxas de metabolismo**, em **Kcal/h**, relacionadas ao esforço físico despendido pelo trabalhador na realização das tarefas.

Quadro 1: Taxas de Metabolismo por Tipo de Atividade

Tipo de atividade	Kcal/h
SENTADO EM REPOUSO	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia)	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas	150

(ex.: dirigir)	
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas	180
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, com alguma movimentação	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou Empurrar	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá)	440
Trabalho fatigante	550

Fonte: Quadro N^o 3, Anexo N^o 3, NR-15

Finalmente, com o valor do IBUTG e com a classificação da atividade em leve, moderada ou pesada, entra-se com esses dois parâmetros no Quadro N^o 1, Anexo N^o 3 da NR-15, aqui denominado Quadro 2, que relaciona os Regimes de Trabalho Intermitentes com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora), verificando-se se o Regime de Trabalho em vigor é compatível com os dados levantados, ou se há necessidade de uma modificação de forma a adequá-lo às características da atividade e dos índices apurados.

Quadro 2: Regime de Trabalho em Função do IBUTG e da Atividade

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (p/ h)	Tipo de atividade		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Fonte: Quadro N^o 1, Anexo N^o 3, NR-15

No Brasil, a utilização do IBUTG na definição do regime de trabalho tem como objetivo minimizar, controlar ou eliminar, as conseqüências danosas à saúde ocupacional que a exposição a condições térmicas insalubres pode vir a provocar aos indivíduos. Também é com base nesse índice que se avalia o direito do trabalhador à percepção do adicional de insalubridade, se o exercício do trabalho se processar acima dos limites de tolerância previstos na NR-15.

No entanto, **não se encontra** na referida Norma nenhuma recomendação a respeito daquelas atividades em que é necessária a utilização de vestimentas especiais. Qualquer que seja a vestimenta utilizada na realização de uma tarefa, a contribuição dessa à dissipação de calor deve ser levada em consideração na avaliação da sobrecarga térmica. Particularmente, o desenvolvimento de tarefas típicas de manutenção em linhas energizadas submetem o electricista a barreiras na dissipação do calor metabólico originadas da utilização das vestimentas usuais, **acrescidas da contribuição da vestimenta especial**.

A determinação dos valores de isolamento térmico de roupas ou de peças que compõem um traje é realizada através da consulta aos valores tabelados, originados das pesquisas de Fanger, McCullough, Jones, Olesen e Nielsen, dentre outros, em uma ou mais das seguintes Normas: ISO 7933 (1989, p. 7 – 8), ISO 7730 (1994, p. 24 – 26), ISO 9920 (1995, p. 5 – 29) e ASHRAE (1997, p. 8.8 – 8.9). Dessas Normas citadas, a única que apresenta uma tabela com variadas composições de tecidos utilizados na confecção de uma forma geral, é a ISO 9920 (1995, p. 30 – 32), além de também apresentar valores de isolamento térmico para algumas vestimentas de proteção.

A vestimenta usual de trabalho utilizada pelos electricistas de manutenção de linha-viva em 69 KV é padronizada no âmbito da CEAL, sendo composta basicamente de calça e camisa de mangas curtas, confeccionadas em tecido de algodão. O isolamento térmico dessa vestimenta e das outras peças comumente utilizadas teve o seu valor estimado em **‘0,75 clo’**, com a utilização da tabela ‘A.1’ da Norma ISO 9920 (1995, p. 5 – 6).

A estimativa do isolamento térmico da vestimenta condutiva encontra séria dificuldade, em virtude das características peculiares do tecido utilizado na sua confecção, cuja composição é de 75% de fibra Nomex[®] (meta-aramida) e 25% de aço inoxidável (FERNANDEZ, 2002). Como não se consegue enquadrar essa fibra ou essa composição em nenhuma das alternativas contempladas na Norma ISO 9920, que é a mais recente e mais detalhada a esse respeito, o valor do isolamento térmico dessa vestimenta foi estimado em **‘1,0 clo’** (macacão de algodão), obtido através da Tabela 3 – Fatores de Correção para Roupas dos Limites de IBUTG em °C, contida nas recomendações da ACGIH (ABHO, 1998, p. 165).

Sendo assim, o isolamento térmico do traje utilizado no desenvolvimento da atividade (I_{cl}), obtido pela adição dos isolamentos das vestes usuais e da vestimenta condutiva, totaliza um valor igual a **1,75 clo**.

A Norma ISO 7933/1989 – *Ambientes quentes – Determinação analítica e interpretação do estresse térmico, utilizando o cálculo da taxa requerida de suor (SW_{req})*, especifica um método de avaliação analítica e interpretação do estresse térmico ao qual uma pessoa pode estar submetida em um ambiente quente. Descreve também um método de cálculo do balanço de calor bem como da taxa de suor que o corpo deveria produzir para manter esse balanço em equilíbrio, denominando-a de ‘*taxa requerida de suor*’ (ISO 7933, 1989, p. 1).

Os principais objetivos dessa Norma Internacional são avaliar as condições de estresse (sobrecarga) térmico capazes de provocar um **aumento excessivo da temperatura interna ou das perdas hídricas no corpo, determinar modificações nas condições de trabalho** de maneira a reduzir ou eliminar os aspectos negativos citados e **definir o tempo máximo permitido de exposição** às condições de sobrecarga (ISO 7933, 1989, p. 1).

Como o índice contido na Norma Brasileira **apresenta-se de forma parcialmente inadequada** para apreciar a situação que está sendo objeto de pesquisa, na medida em que considera para avaliação da exposição ao calor as variáveis ambientais e a taxa de metabolismo, **deixando de apreciar a contribuição da vestimenta**, faz-se necessária a busca por outras metodologias, ou indicadores, que se aproximem mais da realidade em questão, com o objetivo de interferir positivamente na organização do trabalho de modo a preservar a saúde ocupacional do trabalhador.

1.3. Principais Características da Manutenção em Linhas Energizadas

De acordo com a publicação sobre Manutenção e Operação de Sistemas de Distribuição, editada pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS), os serviços de manutenção em linhas energizadas, ou seja, sem que o fornecimento de energia elétrica sofra suspensão, são realizados visando manter, dentre outros atributos de qualidade, a **continuidade** no fornecimento desse insumo, evitando assim prejuízos pelo não faturamento, desgaste da imagem da concessionária e possíveis prejuízos financeiros dos consumidores, que de outra forma seriam atingidos pela interrupção (ELETROBRÁS, 1982, p. 23).

Também conforme a publicação sobre Manutenção em Instalações Energizadas da ELETROBRÁS, as características do serviço, tais como os recursos materiais e humanos

envolvidos, tornam imperioso que uma vez iniciada a intervenção ela chegue a termo de maneira a colocar a instalação em perfeito estado de funcionamento (ELETROBRÁS, 1998, p. 74 – 75). A interrupção do serviço está prevista se, durante a execução dos trabalhos ocorrer um desligamento, quando as condições climáticas se tornarem desfavoráveis ou se a intervenção tiver que se estender por um período de tempo superior a 4 horas consecutivas sem intervalos para o descanso (ELETROBRÁS, 1998, p. 60 - 75).

Apesar de haver previsão quanto ao revezamento dos eletricitistas que executam o serviço, a decisão desse revezamento não se fundamenta na questão da interação térmica dos trabalhadores com o meio ou em qualquer outro índice obtido de forma objetiva, mas sim em uma observação de caráter puramente subjetivo do supervisor do serviço a respeito da possível fadiga demonstrada pelos eletricitistas (ELETROBRÁS, 1998, p. 75).

“O trabalho em instalações energizadas é estatisticamente a forma mais segura de se executar uma manutenção” (ELETROBRÁS, 1998, p. 58), desde que as normas de segurança sejam respeitadas. Os eletricitistas que intervêm em instalações energizadas têm consciência permanente do risco bem como da certeza de que ele está totalmente controlado conforme as condições adequadas em que a atividade é desenvolvida (ELETROBRÁS, 1998, p. 58).

O método de trabalho ao potencial (sem desligamento do sistema) consiste na colocação do eletricitista no mesmo potencial da linha de transporte de energia elétrica, ou do barramento da subestação, permitindo que os trabalhos sejam realizados diretamente, ou seja, sem a necessidade de utilização dos bastões universais.

Neste método de trabalho, a inserção do eletricitista no circuito pode ser efetivada pelo processo ativo, quando o próprio eletricitista se desloca até o ponto de realização das tarefas utilizando-se de um equipamento isolante, sem a necessidade do auxílio de outros integrantes da equipe, ou pelo processo passivo, quando o auxílio dos outros integrantes da equipe se faz necessário para que o eletricitista, previamente instalado sobre um equipamento isolante, seja conduzido para o ponto de trabalho.

Ainda de acordo com a ELETROBRÁS (1998, p. 43), o método de trabalho misto consiste na utilização simultânea dos dois métodos descritos anteriormente, estando a sua implementação restrita a algumas empresas que o estão desenvolvendo e somente para aquelas tarefas nas quais as distâncias fase-terra são grandes ou quando se constata dificuldades na realização dos serviços apenas à distância ou ao potencial.

Os dois últimos métodos de trabalho citados anteriormente, denominados de método ao potencial, ou ao contato, e método misto, **exigem a utilização de uma vestimenta condutiva sobre as vestes normais de trabalho**, o que impõe mais “uma barreira às três

disponíveis vias de transferência de calor” (GUIMARÃES et al, 1973, p. 1257), quais sejam, as transferências por condução, convecção e radiação, podendo colaborar negativamente com a execução do serviço ao acentuar, por exemplo, o desgaste físico.

A utilização desta vestimenta especial, aliada ao fato de estar isolado das outras partes do circuito, é que permite que o eletricitista, mesmo estando conectado ao potencial existente na área de trabalho, não sofra os efeitos do campo elétrico e nem seja percorrido por corrente elétrica, o que seria fatal em função das tensões usuais das redes de transmissão e subtransmissão.

Essa vestimenta especial é um conjunto composto pela roupa (calça e jaqueta), meias, luvas e bota condutiva. A calça, a jaqueta, as meias e as luvas são confeccionadas com um tecido cuja urdidura é feita com fios de uma fibra sintética não inflamável da família das aramidas, denominada Nomex[®], fabricada pela multinacional DuPont (<http://www.dupont.com>), e fios microscópicos de aço inoxidável, cuja função é dotar a vestimenta de características condutivas, após o que **recebem um revestimento de produto sintético que repele a umidade.**

As vestes exercem influência nas trocas de calor entre a pele e o ambiente, por se comportarem como isolantes térmicos. A redução nessas trocas pode provocar, naquelas situações laborais desenvolvidas em ambientes que possuem fontes de calor, um saldo positivo no balanço térmico, comprometendo dessa forma a saúde das pessoas submetidas a essa condição.

A execução das atividades de manutenção em linhas energizadas depende, dentre outros fatores, de condições climáticas favoráveis definidas através da umidade relativa do ar, velocidade do vento e da ausência de nuvens que possam gerar chuvas, névoa ou neblina densa, sendo os trabalhos realizados geralmente com céu limpo e radiação solar intensa.

As recomendações em relação à umidade relativa do ar, ausência de nuvens que possam gerar chuvas, névoa ou neblina densa estão relacionadas às alterações, para menor, na rigidez dielétrica do ar, nas características nominais dos equipamentos isolantes utilizados, e à possibilidade do surgimento de arcos voltaicos com o conseqüente aumento do risco que envolve a atividade.

2. Método de Análise Estatística da Pesquisa – Análise de Regressão

A inferência estatística pode ser definida como a associação de métodos que possibilitam a previsão de uma característica de uma população, ou a tomada de uma decisão referente à população, com base somente em resultados de amostras. Uma estatística é uma

medida calculada, referente apenas às características de uma amostra da população.

A análise de regressão é um método utilizado principalmente com o objetivo de previsão, ou seja, obtenção de um modelo estatístico que possa ser utilizado para prever valores de uma variável dependente, com base nos valores de pelo menos uma variável independente ou explicativa. A análise de regressão não pode ser interpretada como um procedimento para estabelecer uma relação de causa e efeito entre variáveis. Pode apenas indicar como ou até que ponto as variáveis estão associadas umas com as outras (ANDERSON et al, 2003, p. 443).

Deseja-se freqüentemente, com base em dados amostrais, estimar o valor de uma variável Y , correspondente ao valor conhecido de uma variável X . Isso pode ser alcançado mediante a avaliação do valor de Y , a partir de uma curva de mínimos quadrados que se ajuste aos dados amostrais. A curva resultante é denominada de *regressão de Y para X* , visto que Y é avaliado a partir da variação de X .

Uma análise de regressão traça através dos pontos marcados no diagrama de dispersão das variáveis X e Y , uma linha que minimiza as distâncias entre os pontos, com o objetivo de minimizar a soma dos quadrados de todos os desvios verticais dos valores reais em relação a essa linha.

Como os parâmetros são desconhecidos, precisam ser estimados, e a técnica matemática que determina esses valores é conhecida como **método dos mínimos quadrados**. Quaisquer valores desses parâmetros diferentes daqueles determinados pelo método dos mínimos quadrados resultariam em uma soma maior das diferenças ao quadrado entre o valor real e o valor previsto de Y .

2.1. Testes de Significância

2.1.1. Coeficiente de Determinação R^2

Deve ser calculado o coeficiente de determinação R^2 para medir a proporção da variação da variável dependente que é explicada pela variável independente.

2.1.2. Estatística F (Fischer-Snedecor)

Deve-se testar a significância dos coeficientes de regressão através da estatística F (*Fischer-Snedecor*). A estatística F determina a relação significativa entre a variável dependente e o conjunto de variáveis explicativas, testando-se as hipóteses: H_0 (hipótese nula) se $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0$ (não existe relação linear entre a variável dependente e o conjunto de variáveis explicativas), e H_1 (hipótese alternativa) se pelo menos um $\beta_k \neq 0$ (pelo menos um coeficiente de regressão não é igual a zero, existe relação linear). Os valores críticos de F são obtidos em tabelas. Se F encontrado for maior que o F crítico, rejeita-se H_0 .

2.1.3. Estatística t (Student)

Para testar a existência de relação significativa entre as variáveis explicativas e a dependente, a estatística t (Student) pode ser usada para um nível de significância de 0,05, por exemplo, com 95% de confiança, com valor absoluto $t_{crítico} = 1,96$ (distribuição bicaudal). Os valores de t para todos os parâmetros da regressão são calculados e comparados ao valor de $t_{crítico}$ tabelado, se o t encontrado for maior que o valor crítico, confirma-se a relação significativa entre as variáveis explicativas e a dependente.

2.1.4. Estatística p

O valor p é uma medida de plausibilidade dos resultados da amostra quando a hipótese nula é assumida como verdadeira. Quanto menor o valor de p , menos provável que os resultados da amostra venham de uma população onde a hipótese nula é verdadeira.

2.1.5. Autocorrelação dos Resíduos

Na autocorrelação dos resíduos utilizamos o procedimento de Durbin-Watson, que é a estatística que mede a correlação entre cada resíduo e o resíduo para o período de tempo imediatamente antecedente àquele de interesse (LEVINE, 2000, p. 550).

Considerando-se o número de amostras e o número de variáveis independentes, a um determinado nível de confiança, consulta-se a tabela de valores críticos d_i (inferior) e d_s (superior), e conclui-se pela aceitação ou negação da hipótese de autocorrelação dos resíduos.

Valores inferiores a d_i confirmam a hipótese de autocorrelação. Valores superiores ao d_s negam a hipótese de autocorrelação e para valores entre d_i e d_s nada pode ser afirmado.

3. Dados Coletados em Campo – Medições de IBUTG e Perda de Peso dos Eletricistas

Foi mensurada a perda de peso de cada um dos eletricistas após a execução das atividades, em função das variáveis ambientais e pessoais presentes no posto de trabalho, além de ter sido calculado o IBUTG médio associado.

Tabela 1. Medições de Perda de Peso (g) e IBUTG (°C)

	IBUTG (°C)	Perda de Peso (g)		IBUTG (°C)	Perda de Peso (g)
1	27,3	1015	16	27,5	1013
2	27,0	920	17	27,0	1003
3	28,3	1150	18	27,3	1006
4	27,1	840	19	28,1	1153
5	25,9	645	20	26,9	1007
6	27,0	1012	21	25,8	653
7	28,0	1120	22	27,6	1008
8	29,0	1130	23	28,1	1129
9	27,5	956	24	27,3	1014
10	26,0	650	25	26,8	649
11	26,8	698	26	28,2	1158
12	27,3	1010	27	25,6	641
13	28,1	1158	28	26,9	1001
14	29,1	1211	29	27,1	1017
15	25,8	681	30	28,0	1198

3.1. Análise Estatística – Software *Statistica 6.0*

Os resultados obtidos com a utilização do software *Statistica 6.0* estão listados abaixo:

Quadro 3. Parâmetros Estimados

	Perda de Peso(g) Param.	Perda de Peso(g) Std. Err	Perda de Peso(g) t	Perda de Peso(g) p
Intercepto	- 4179,23	488,5122	-8,55502	0,000000
IBUTG (°C)	188,44	17,8980	10,52878	0,000000
	Valor de R	Valor de R²	R² Ajustado	Durbin-Watson
Perda de Peso(g)	0,893505	0,798351	0,791149	1,724374

3.2. Testes de Significância do Modelo de Regressão

Realizou-se o teste de significância do modelo de regressão, antes da análise da contribuição da variável independente, para verificar a existência de relacionamento linear entre a variável dependente e a variável explicativa. Por tratar-se de uma regressão linear simples, podemos representar o modelo linear como sendo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X + \varepsilon_i \quad (3)$$

Onde,

β_0 – interseção de Y para a população

β_1 – inclinação para a população: variação esperada em Y para cada variação unitária em X

ε_i – erro aleatório de Y para a observação i

As hipóteses testadas foram:

H₀ → $\beta_1 = 0$ (não há correlação entre a perda de peso e a variação do IBUTG)

H₁ → $\beta_1 \neq 0$

Utilizou-se, em primeiro lugar, o teste F (*Fischer-Snedecor*) cuja equação é:

$$F = \frac{R^2 / K}{(1 - R^2) / (N - K - 1)} \quad (4)$$

onde R^2 é o coeficiente de determinação, ou seja, é o quadrado da correlação múltipla; k , o número total de variáveis independentes; e N , o tamanho da amostra. Neste estudo, $k=1$,

$N=30$ e $R^2=0,798351$. Portanto, $F_{\text{calculado}} = 110,8551$, para $k = 1$ e $N - k - 1 = 28$, obtemos um valor de $F_{\text{crítico}} = 5,57$ em tabela, e assim, temos um valor de $F_{\text{calculado}} > F_{\text{crítico}}$, então, como H_0 foi rejeitada, podemos afirmar que 79,84% da variação da variável *Perda de Peso* pode ser explicada pela variabilidade no índice de *IBUTG*, assegurada também pelo valor de $p = 0,0000 < \alpha = 0,05$. A equação gerada pode ser escrita como:

$$\text{Perda de Peso(g)} = - 4.179,23 + (188,44).\text{IBUTG}(\text{°C}). \quad (5)$$

A estatística utilizada na análise de variância dos estimadores dos parâmetros possui em sua relação uma distribuição *t* (*Student*). Para o nível de significância de 0,05 (95% de confiança) o valor absoluto de $t_{\text{crítico}} = 1,96$ (distribuição bicaudal). Verificou-se que:

→ Intercepto: Módulo de $t = 8,55502 > t_{\text{crítico}} = 1,96$

→ *IBUTG* (°C): Módulo de $t = 10,52878 > t_{\text{crítico}} = 1,96$

O teste mostra que, considerando o nível de 95% de confiança, pode-se inferir que os parâmetros parciais de regressão para o intercepto e o *IBUTG* são consistentes e válidos.

O **coeficiente de correlação (*r*)** neste caso é 0,8894 para R^2 ajustado, indicando assim, uma correlação positiva bastante próxima do valor 1(um), o que caracteriza uma forte força de associação entre as duas variáveis estudadas.

Por fim, analisando os resíduos por **Durbin-Watson**, o valor de $D = 1,724374$ está acima do valor de $d_S = 1,49$ (valor crítico superior de D), o que nos fornece a condição de concluir que não há evidências de autocorrelação entre os resíduos estudados. Sendo assim, podemos afirmar que o método utilizado é adequado para análise em questão.

4. Conclusão

Em função das avaliações efetuadas para determinação de uma possível relação direta entre a variação na perda de peso corporal nos eletricitistas de manutenção de linhas energizadas da CEAL, em Alagoas, e o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (*IBUTG*), **conclui-se que há estreita relação entre estes parâmetros**, afirmativa esta que está respaldada pelos testes estatísticos utilizados com esta finalidade. A avaliação das condições termoambientais e pessoais, com base no Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (*IBUTG*), tal qual descrito pela NR 15, não leva em consideração a influência da vestimenta utilizada durante o desenvolvimento das tarefas. A perda corporal verificada,

basicamente perda hídrica do organismo dos eletricistas, é um fator que não se pode deixar de levar em consideração na avaliação à exposição ocupacional ao calor, sob pena de se expor o obreiro à condições inadequadas de trabalho. A contribuição da vestimenta especial utilizada no desenvolvimento das tarefas, funcionando como mais uma barreira à dissipação do calor corporal, deve ser contemplada na avaliação. Assim, de acordo com o que foi demonstrado nesse estudo, foi possível determinar uma equação básica que, além de relacionar a perda de peso com as variáveis termoambientais e pessoais que compõem o IBUTG, também contemplasse os aspectos relativos à vestimenta utilizada. A combinação dos fatores relacionados à exposição ao calor, perda de água e eletrólitos e armazenamento de calor pode culminar com a intermação (insolação) do corpo humano, podendo evoluir para o óbito, conforme relatado por Fox (1991, p. 350) ao se referir aos 12 (doze) óbitos ocorridos em um intervalo de 3 (três) anos, entre atletas que praticavam futebol americano. Cabe ressaltar que este estudo é parte integrante de um outro, de cunho mais elaborado, cujo objetivo é propor um realinhamento das normas e procedimentos nacionais que visam estabelecer um regime de trabalho para os eletricistas em linha viva, definindo dessa forma um novo entorno a respeito da matéria. Uma das principais constatações obtidas com os aspectos abordados nessa pesquisa refere-se à importância significativa da perda de massa corporal, que pode provocar conseqüências fisiológicas danosas à saúde do trabalhador que é submetido àquelas condições laborais retratadas. As dificuldades encontradas no desenvolvimento desse trabalho de pesquisa sinalizam para algumas questões que merecem ser apreciadas com maior profundidade.

- Estudos mais aprofundados em relação à determinação da taxa metabólica quando da execução de atividades de manutenção de linhas energizadas;
- O desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao isolamento térmico de vestimentas, particularmente sobre a vestimenta condutiva, cuja composição não se encontra discriminada em nenhuma das normas que tratam desse assunto;
- Um mapeamento das condições climáticas em diferentes regiões do Estado de Alagoas, de tal forma que se possa estimar as condições mínimas de controle do estresse térmico, quando da

realização das intervenções em linhas energizadas;

- Análise sobre a influência das variáveis climáticas e pessoais no desempenho e na produtividade da atividade de manutenção de linhas energizadas;
- Estudo sobre a influência dos campos elétrico e magnético nos instrumentos de avaliação e registros de frequência cardíaca, do tipo faixa torácica por exemplo, com vistas a uma estimativa da taxa metabólica baseada nesse parâmetro.

Referências Bibliográficas

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS – ASHRAE. **Fundamentals Handbook**. Atlanta, 1997. cap. 8.

ANDERSON, David Ray. et al. **Estatística Aplicada a Administração e Economia**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENISTAS OCUPACIONAIS – ABHO. **TLVs e BEIs**. Tradução dos limites de exposição (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs) da ACGIH. São Paulo, 1998.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

COX, Joe W. Temperaturas Extremas. In: FUNDACENTRO. **Curso para Engenheiros de Segurança do Trabalho**. São Paulo, 1973. v. 3, p. 684 – 711.

COUTINHO, Antonio Souto. **Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho**. João Pessoa: Edições PPGE, 1998.

ELETROBRÁS. **Manutenção e Operação de Sistemas de Distribuição**. Rio de Janeiro: Campus, 1982.

ELETROBRÁS. **Perdas no Sistema Elétrico - Seminário Internacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica - EFFICIENTIA 98**. Rio de Janeiro, 1998.

FERNANDEZ, André. **Vestimenta condutiva**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <ronald_fred@uol.com.br> em 01 de julho de 2002.

FOX, Edward L.; BOWERS, Richard W.; FOSS, Merle L. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

GUIMARÃES, Fernando de Araújo; NEFUSSI, Nelson. Engenharia de Ventilação Industrial. In: FUNDACENTRO. **Curso para Engenheiros de Segurança do Trabalho**. São Paulo, 1973. 6 v, p. 1222 - 1387.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7933**: Hot environments – Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate. Genève, 1989.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genève, 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9920**: Ergonomics of the thermal environments – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Genève, 1995.

LEVINE, David M. et al. **Estatística**: teoria e aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

GUIMARÃES, Fernando de Araújo; NEFUSSI, Nelson. Engenharia de Ventilação Industrial. In: FUNDACENTRO. **Curso para Engenheiros de Segurança do Trabalho**. São Paulo, 1973. 6 v, p. 1222 - 1387.

PEREIRA, Fernandes José; FILHO, Orlando Castello. **Manual prático**: como elaborar uma perícia de insalubridade e de periculosidade. São Paulo: LTr, 1998.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. 47. ed. São Paulo: Atlas, 2000.