

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Luiz Antonio Laloni, e aprovada pela Comissão Julgadora em 09 de maio de 1997. Campinas, 19 de junho de 1997.

  
Presidente da Banca

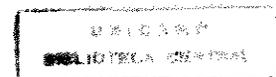
**Correção do Índice de Temperatura Equivalente (ETI) para gado  
leiteiro em regime semi estabulado**

**Por: Luiz Antonio Laloni**

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Irenilza  
Alencar Nääs**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Campinas como cumprimento parcial dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola - Área de concentração: **Ambiência.**

**Campinas, SP  
Maio de 1997**



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	Unicamp
	L158c
V. Ex.	
TOMBO BC	32269
PROC.	281/37
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	27/11/97
N.º OPD	

CM-00103835-2

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

L158c Laloni, Luiz Antonio  
Correção do índice de temperatura equivalente (ETI)  
para gado leiteiro em regime semi estabulado / Luiz  
Antonio Laloni.--Campinas, SP: [s.n.], 1997.

Orientadora: Irenilza Alencar Nääs.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Conforto térmico. I. Nääs, Irenilza Alencar. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Agrícola. III. Título.

## AGRADECIMENTOS

Desde o início deste projeto, quando iniciei meu Curso de Mestrado na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, muitos colaboraram comigo, para que o mesmo fosse concluído. Para não deixar de citar um nome sequer, agradeço a todos com quem tive a oportunidade de trabalhar e conviver durante o transcorrer deste trabalho.

Agradeço a todo o Corpo Docente da FEAGRI/UNICAMP, pelos ensinamentos recebidos.

Agradeço ao Corpo Administrativo, pelas orientações, presteza e dedicação sempre presentes.

Agradeço aos colegas de curso pela camaradagem, solidariedade e companheirismo em todos os momentos e em tudo.

Agradeço aos meus filhos André, Mariana e Isabela, os quais, cada um de sua maneira, ajudaram-me profundamente ao longo desta trajetória.

*Minha especial gratidão a Sra.Prof<sup>a</sup>  
Dr<sup>a</sup> Irenilza de Alencar Nääs, pela orientação  
segura, pelo acompanhamento constante deste  
trabalho e, sobretudo, pela amizade.*

*À Diana*

*“Este homem está aqui, comendo pão, feito com trigo que veio de milhares de quilômetros de distância. Para que ele pudesse comer o pão, quantos problemas de engenharia tiveram que ser resolvidos ?”*

*Professor Dr. André Tosello, (1976)*

## SUMÁRIO

	Página
PÁGINA DE ROSTO.....	I
AGRADECIMENTOS.....	ii
DEDICATÓRIA.....	iv
SUMÁRIO.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 HOMEOTERMIA ANIMAL E AS INSTALAÇÕES RURAIS.....	5
3.2 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO.....	11
3.3 MODELOS DE AJUSTES DE CURVA.....	18
4. METODOLOGIA.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
6. CONCLUSÕES.....	31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
8. ABSTRACT.....	35

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Curva da produção de calor metabólico <i>versus</i> a temperatura ambiente ESMAY (1969).....	5
Figura 2 - Dinâmica do sistema homeotermo.....	8
Figura 3 - Resposta dos animais a estressores ambientais os quais podem influenciar a performance e a saúde.....	10
Figura 4 -Vista das instalações.....	19
Figura 5 -Vista das instalações.....	20
Figura 6 - Posicionamento dos instrumentos .....	21
Figura 7 - Posicionamento do termômetro de globo na área de espera de ordenha.....	22
Figura 8 - comparações das produções reais <i>versus</i> produção simulada.....	23

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Dados climáticos .....	25
Tabela 2 - Valores de produção .....	26
Tabela 3 - Análise de variância entre médias de produção de vacas de baixa produtividade e produção simulada .....	27
Tabela 4 - Teste de Tukey para médias de produção de vacas de baixa produtividade e produção simulada .....	27
Tabela 5 - Análise de variância entre médias de produção de vacas de média produtividade e produção simulada .....	28
Tabela 6 - Teste de Tukey para médias de produção de vacas de média produtividade e produção simulada .....	28
Tabela 7 - Análise de variância entre médias de produção de vacas de alta produtividade e produção simulada .....	29
Tabela 8 - Teste de Tukey para médias de produção de vacas de alta produtividade e produção simulada .....	29
Tabela 9 - Estatística de regressão .....	30
Tabela 10 - Análise de variância .....	30
Tabela 11 - Coeficientes e erros padrão .....	30

## RESUMO

Baseado no Índice de Temperatura Equivalente (ETI) desenvolvido por BAËTA et alii (1987), o programa para computador denominado PRÓ LEITE foi elaborado e testado para vacas leiteiras holandesas, preto e branco, em lactação e em regime semi estabulado, conforme NÄÄS et alii (1993). Foram encontradas discrepâncias entre as curvas de produção real e a curva de produção simulada pelo programa PRÓ LEITE. Foi estimado que isto aconteceu pelo fato de que o Índice de Temperatura Equivalente (ETI) foi desenvolvido pelos seus autores para estimar o conforto térmico de vacas holandesas, preto e branco, em lactação, em regime totalmente estabulado. Para estimar a produção de leite usando o Índice de Temperatura Equivalente (ETI) como o estabelecido pelo programa para computadores PRÓ LEITE, para vacas holandesas, preto e branco, em lactação, em regime semi estabulado, uma correção matemática foi necessária. O presente trabalho desenvolveu uma equação matemática para ajustar o Índice de Temperatura Equivalente (ETI) a fim de refletir a produção de leite no regime semi estabulado.

## 1. INTRODUÇÃO

Os animais domésticos são homeotermos, isto é, somente sobrevivem em uma delimitada faixa de temperatura corporal. Assim sendo, o ambiente térmico que os envolve tem participação direta na quantidade de calor trocado entre eles e o meio ambiente. Os homeotermos, conseqüentemente precisam manter um balanço térmico adequado entre o calor produzido pelos seus corpos e o calor que eles perdem, ou ganham, para o ambiente em que vivem.

O animal produz calor transformando a energia química dos alimentos que consome em energia ou trabalho. Portanto, se o balanço térmico for inadequado, poderá tal fato refletir de forma direta na saúde e produção dos animais. Conseqüentemente, os fatores referentes ao ambiente térmico são de suma importância na produção animal.

Para cada espécie animal existe um determinado ambiente térmico no qual ocorre sua máxima produtividade. Este ambiente térmico desejável, ideal, é denominado de zona de conforto térmico animal.

Foram desenvolvidos Índices de Conforto Térmico para caracterizar-se ou quantificar-se as diferentes zonas de conforto térmico adequadas às diferentes espécies animais.

Os Índices de Conforto Térmico têm a propriedade de apresentarem em uma única variável, tanto os fatores que caracterizam o ambiente térmico que envolvem os animais, como o estresse que tal ambiente possa estar causando aos mesmos.

No desenvolvimento de um Índice de Conforto Térmico deve-se levar em conta além dos fatores meteorológicos relevantes para a criação de determinada espécie animal, a importância, ou peso, que esses fatores devem ter na elaboração do Índice, conforme suas importâncias relativas aos animais, em questão.

Os Índices de Conforto Térmico são dessa forma altamente interessantes aos produtores rurais, pois conseguem quantificar em uma única variável o estresse térmico sofrido pelos animais, à partir das condições meteorológicas existentes em um dado momento.

O Índice de Temperatura Equivalente ( ETI ) desenvolvido por BAËTA et alii (1987) teve como base dois indicadores de estresse para o gado de leite: os níveis de armazenagem de calor no corpo e os níveis de produção de leite. Para a determinação do ETI utilizou-se gado de leite da raça holandesa preto e branco, em regime totalmente estabulado. O ETI foi obtido no Brody Animal Climatology Laboratory, University of Missouri, Columbia, Estados Unidos da América do Norte, e proposto para utilização para uma temperatura do ar entre 16 e 41 graus Celsius, medida por termômetro de bulbo seco, para uma umidade relativa do ar entre 40 e 90% e para velocidades do ar entre 0,5 e 6,5 m/s. O ETI é aplicável para gado totalmente estabulado e é dado pela equação :

$$\text{ETI} = 27,88 - 0,456 t + 0,010754 t^2 - 0,4905 h + 0,00088 h^2 + 1,1507 v - 0,126447 v^2 + 0,019876 t (h) - 0,046313 t (v)$$

onde : t é temperatura do ar em graus Celsius

h é umidade relativa do ar, em %

v é velocidade do ar em m/s.

Tomando como ponto de partida o ETI, foi desenvolvido por NÄÄS et alii (1991) o programa para computadores PRÓ LEITE o qual, de maneira prática e eficiente, avalia a capacidade de instalações para gado leiteiro em regime totalmente estabulado visando o conforto térmico, segundo as condições meteorológicas tropicais encontradas no Brasil.

Relatando que aproximadamente 90% do gado leiteiro no Brasil encontra-se em regime semi estabulado, o programa PRÓ LEITE, foi testado por NÄÄS et alii (1994) utilizando-se de

gado da raça holandesa preto e branco em regime semi estabulado. Os resultados mostraram compatibilidade dos dados reais coletados e os dados previstos pelo PRÓ LEITE, com desvios não significativos estatisticamente até a data coincidente com o acesso do gado às pastagens , verificando-se então desvios estatisticamente significativos entre os dados reais coletados e os previstos pelo programa. Evidenciou-se portanto, que há necessidade de se proceder a um ajuste da equação que rege o ETI, para que o mesmo possa também ser utilizado no caso de gado leiteiro semi estabulado, predominante em aproximadamente 90% no Brasil conforme NÄÄS et alli (1994). Este é o propósito e objetivo deste trabalho.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho visa, como objetivo geral, propor uma equação matemática que corrija o desvio entre os dados propostos pelo Índice de Temperatura Equivalente (ETI) através do programa de computador PRÓ LEITE e os dados reais coletados, considerando-se gado da raça holandesa, preto e branco, em regime semi estabulado.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para consecução do objetivo geral serão necessárias as seguintes avaliações, que serão enfocadas como objetivos específicos:

2.1.1 A avaliação matemática da curva real e da curva obtida pelo programa para computador PRÓ LEITE, em teste de campo, e

2.1.2 A correção do desvio da curva, a partir do ponto de discrepância, propondo um fator de correção do programa para computador PRÓ LEITE.

### 3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A HOMEOTERMIA ANIMAL E AS INSTALAÇÕES RURAIS

A maioria dos animais domésticos são homeotermos. Suas funções fisiológicas procuram manter a temperatura corporal constante. Dentro de uma determinada faixa de temperatura ambiente isso ocorre com mínimo esforço dos mecanismos termoreguladores. Esta faixa é denominada de zona de conforto ou termoneutralidade. Tem-se na zona de conforto menor desgaste do animal, mais saúde e melhor produtividade, NÄÄS (1989).

As temperaturas críticas podem ser definidas como os limites da temperatura externa para o bem estar orgânico. Quando estes limites são ultrapassados o rendimento do animal diminui, pois este tem que se condicionar a um processo anormal de produção e eliminação de calor, ESMAY (1969).

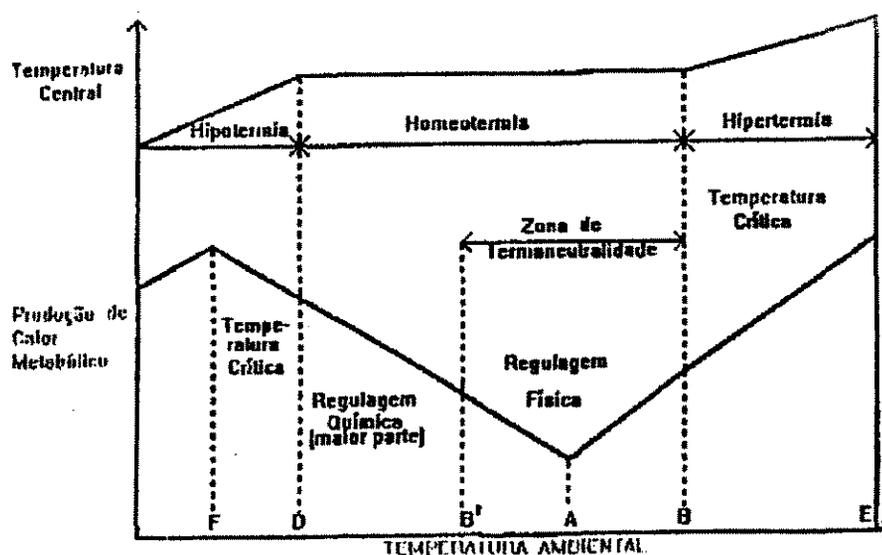


Figura 1 - Curva da produção de calor metabólico dos homeotermos versus a temperatura ambiente,

ESMAY (1969)

Na figura 1 temos:

A = temperatura de conforto ( mínimo calor metabólico produzido )

B = temperatura crítica superior

B' = temperatura crítica inferior

D = temperatura de estresse térmico ( máximo calor metabólico )

E/F = temperatura onde a probabilidade do animal morrer é máxima

Para gado de leite da raça holandesa preto e branco a temperatura de conforto A ( mínimo calor metabólico produzido ) é de 14 °C e a faixa de temperatura que define a zona de termoneutralidade ( B' a B ) fica entre 10 °C e 18 °C.

A produção animal é avaliada, com certa precisão, através de medidas de variáveis tais como : ganho de peso, eficiência alimentar e quantidade de leite.

Pesquisas demonstram que a eficiência do desempenho animal é também o resultado do funcionamento do seu sistema homeotermico. Disfunções deste acarretam alterações significativas na eficiência da produção, NÄÄS (1989).

São variáveis ambientais os componentes microclimáticos que se encontram ao redor do rebanho influenciando-o e dando origem ao fator de improdutividade: temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, velocidade do ar e radiação térmica.

Em relação à radiação solar pode-se relacionar como principais meios de sua transmissão a luz solar direta, a radiação refletida pelas nuvens ou partículas suspensas na atmosfera, o solo, a água e objetos próximos aos animais.

Em relação à umidade relativa do ar, pesquisas mostram que esta, sendo alta, associada à temperaturas altas, dificultam a dissipação de calor, pois tal dissipação ocorre através da vaporização de água na pele e pelo respiratório.

Os ventos favorecem a evaporação ajudando a dissipação do calor animal. Ventos inferiores a 5 km/h em climas quentes e úmidos criam problemas de diminuição de perda de calor por convecção. Ventos superiores a 35 km/h causam problemas tanto em climas quentes e úmidos, quanto em quentes e secos.

A produção de leite em climas quentes e áridos tem tido muitos avanços recentemente, motivada pela melhoria de condições de instalações, através da melhoria do microclima ao redor de tais instalações. Nessas regiões, no verão, um desgaste maior é imposto aos animais pelo calor severo, inibindo grandemente a produção de leite e a capacidade reprodutiva dos animais.

O maior motivo para se construir instalações para abrigar os animais é a proteção contra as intempéries climáticas. O sistema construtivo adequado proporciona condições de controlar os fatores climáticos que mais interferem no conforto térmico dentro das edificações. É muito importante para se obter uma construção adequada, levar em conta em seu planejamento os materiais de construção, tipo de animal e clima local.

Nos últimos anos vários Índices de Conforto Térmico vem sendo propostos com a finalidade de determinar e manter o controle das condições ambientais para maior produtividade animal, tais como o controle dos parâmetros de construção, refrigeração, aquecimento, ventilação e etc.

NÄÄS (1989), relata que o índice de conforto térmico mais utilizado para avaliação dos animais é o índice de temperatura - umidade relativa (THI) desenvolvido por THOM (1958). Entretanto, este índice leva em conta apenas a temperatura do ar e a temperatura de orvalho, sendo ignorada a parcela referente à radiação solar do ambiente, não sendo interessante no ponto de vista de animais sob radiação solar direta. Outros índices utilizam temperatura de globo para medir radiação, como o índice de temperatura de globo WBGT, determinado por MINARD,

BELDING e KINGSTON (1957), citado por CLARK (1981) e o índice de umidade e temperatura de globo (BGHI), segundo BUFFINGTON et alii.(1981), já há algum tempo, com sucesso, na avaliação de conforto proporcionado por instalações.

No caso de vacas leiteiras em regime totalmente estabulado, em lactação, foi desenvolvido por BAËTA et alii.(1987) um índice que leva em consideração o efeito da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar no balanço de calor e as funções de lactação.

Segundo NÄÄS (1991), os fatores que permitem aos animais viverem em conforto são: temperatura ambiental em relação ao tipo de abrigo, área disponível em relação ao volume mínimo necessário de ar, pureza do ar ao nível dos animais e grau de umidade da edificação.

A instalação e o manejo adequados vão permitir que não haja desperdício no balanço de calor dentro da edificação, aumentando em consequência a produção.

A figura 2 mostra a dinâmica do sistema homeotermo e suas respostas aos “inputs” do meio ambiente.

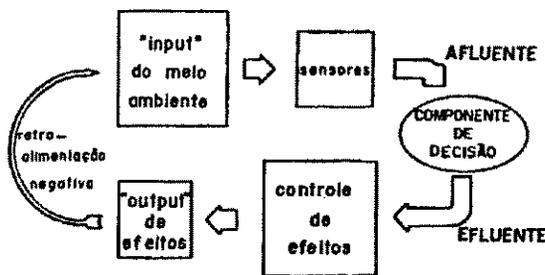


Figura 2 - Dinâmica do sistema homeotermo.

Desvios das situações ideais de conforto, caracterizam surgimento de desgastes no rebanho, em consequência de estresses de toda parte, e o uso de artifícios estruturais para ser mantido o equilíbrio térmico entre o animal e o meio são necessários.

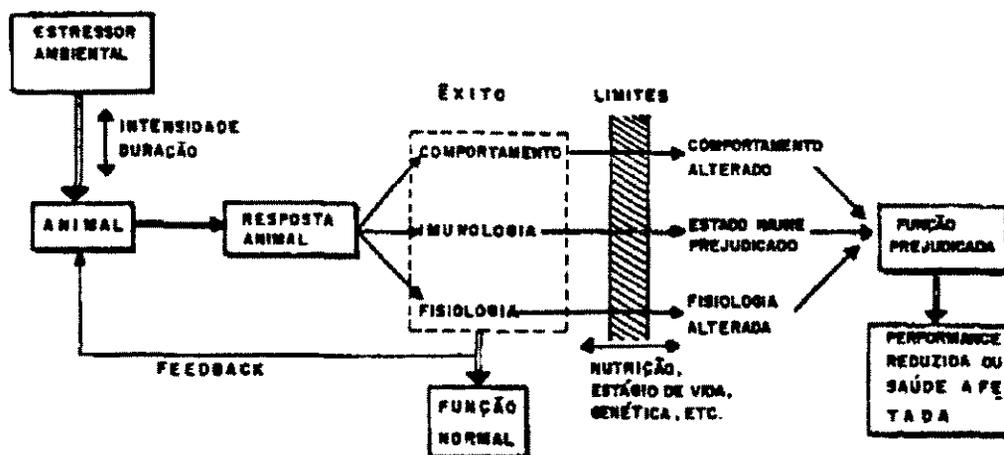
O dimensionamento de instalações, de forma a criar um ambiente térmico ideal, dentro da edificação requer a interação de um número muito grande de variáveis que definem os componentes da construção, os materiais utilizados, sua orientação, sua geometria, sua forma de ocupação e o conforto térmico que o animal ocupante necessita para ter um desempenho ideal.

A manutenção da temperatura interna do organismo do animal, relativamente constante, em ambientes cujas condições termo-higrométricas são as mais variadas e variáveis, se faz por intermédio de seu aparelho termo-regulador, que comanda a redução ou aumento das perdas de calor pelo organismo através de mecanismos orgânicos de controle. Quando o organismo do animal perde calor excedente para o ambiente por condução, convecção ou radiação, ele experimenta uma sensação de conforto térmico.

NÄÄS (1989), relata que a termo-regulação, apesar de ser o meio natural de controle de perdas de calor pelo organismo do animal, representa um esforço extra e, por conseguinte, uma queda de produtividade. Quando as condições ambientais proporcionam perda de calor do corpo além das necessárias para a manutenção de sua temperatura interna constante, o organismo reage por meio de seus mecanismos automáticos, buscando reduzir as perdas e aumentar as combustões internas. A fadiga termo-higrométrica é resultante do trabalho excessivo do aparelho termo-regulador, pela existência de condições ambientais desfavoráveis.

A figura 3 ilustra a resposta dos animais a estressores ambientais que podem influir na performance e saúde. Na dependência da intensidade e duração do estressor atuando sobre o animal há respostas comportamentais, fisiológicas e imunológicas. O êxito das respostas de adaptação permite que a função normal continue. Entretanto, quando certos limites ( de temperatura do ar, para mais ou para menos, por exemplo ), os quais também são influenciados por vários fatores são ultrapassados, a função é prejudicada afetando adversamente os

desempenhos produtivos e reprodutivos bem como a saúde.. A resposta ao estresse ambiental varia entre animais.



**Figura 3 - Resposta dos animais a estressores ambientais os quais podem influenciar a performance e a saúde.**

O calor gerado pelos animais e o calor proveniente da radiação solar são as duas fontes principais de incidência de calor no interior das instalações. É no telhado que a radiação solar atua com maior intensidade e, a radiação é a variável mais importante, visto que o fluxo de calor que atravessa um telhado no pico máximo de calor, é da ordem de cinco vezes mais que aquele do ambiente interno. Esse calor pode ser controlado pela ventilação adequada e pelo isolamento térmico do telhado, NÄÄS, (1991).

Ainda segundo NÄÄS (1991), os materiais adequadamente utilizados na construção vão principalmente restringir as trocas térmicas, permitindo uma maior ou menor carga térmica de calor que entra ou sai da instalação, através das paredes e do telhado de cobertura. Em climas cujo

verão é mais significativo que as estações frias, é fundamental que o telhado seja projetado de modo a não ser o principal responsável pelo ganho de calor do edifício.

Uma instalação adequada prevê uma boa circulação de ar, a remoção da umidade que se forma dentro da edificação e o excesso de calor gerado pela presença dos animais, conduzido para dentro do prédio através das paredes e da cobertura. Muitas vezes é desejável a manutenção do calor interno, no caso dos meses mais frios, onde a função da ventilação adequada será apenas a renovação do ar e a remoção dos gases e do vapor de água, sob a forma de umidade.

Estabelecer padrões que permitam comparações de desempenho entre diferentes modelos de instalações é uma tarefa difícil. Em primeiro lugar, por decorrência das diferentes características das edificações, isolamento, número e peso dos animais, fases que abrigam, localização e outros e, em segundo lugar, porque os animais estão e continuarão a ser alojados nos mais diversos modelos existentes, para várias regiões de diferentes características climáticas. Contudo, é importante que sejam observados sempre, no planejamento das instalações, as restrições que levem ao maior conforto térmico e em consequência a uma maior produtividade.

### **3.2 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO**

Segundo ASHARE ( 1985 ) o fato de os animais domésticos mais importantes serem homeotermos nos faz assumir que para cada espécie existe um ambiente térmico onde ocorre uma máxima produtividade. A máxima eficiência de conversão alimentar pode ocorrer perto, mas não necessariamente na mesma faixa de ambiente térmico onde ocorre a maior produtividade. Normalmente uma faixa de aproximadamente 5,5 °C pode incluir tanto o máximo de

produtividade como o máximo de eficiência alimentar. Se a temperatura encontrar-se acima do nível desejado o animal diminui o seu consumo de alimento e mantém uma temperatura corporal constante, reduzindo em consequência sua produtividade. No caso da temperatura ambiente decrescer atingindo níveis abaixo do desejado, o animal aumenta seu consumo alimentar para manter a homeotermia, e, também em consequência reduz sua eficiência em produção.

CLARK ( 1981 ) afirma que, como o ambiente tem uma influência importante no gasto de energia dos animais e esta energia é derivada dos nutrientes provindos dos alimentos, isso significa que os efeitos térmicos do ambiente têm influência direta no destino da energia que é recebida pelos animais. A energia recebida pelos animais é retida para seu desenvolvimento ou é dissipada na forma de calor, perdendo assim em produtividade.

O ambiente térmico ótimo para um animal, a zona de conforto térmico dentro da termoneutralidade, ocorre quando a produção de calor é transferida ao ambiente sem requerer ajustes dos mecanismos homeotérmicos do próprio animal, segundo ASHARE ( 1985 ).

Segundo NÄÄS ( 1989 ), a termorregularização, apesar de ser o meio natural de controle de perda de calor pelo organismo, representa um esforço extra, culminando em uma queda de produtividade.

CLARK ( 1981 ) afirma que o objetivo dos Índices de Conforto Térmico desenvolvidos, tanto para humanos como para animais domésticos, é de apresentar em uma única variável, fatores que caracterizam o ambiente térmico e o estresse que o mesmo possa estar causando aos circunstantes. O autor afirma ainda que o desenvolvimento de um Índice de Conforto Térmico deve levar em conta os elementos meteorológicos envolvidos, bem como considerar a importância relativa de cada elemento, considerando também as características inerentes aos animais.

Conforme FEHR et alii ( 1983 ), muitos índices de estresse ambiental estão sendo utilizados para animais levando em conta a taxa respiratória, o volume respiratório, a pulsação, a temperatura de superfície corporal, a temperatura interna corporal, o nível de atividade, o tipo de cobertura do corpo, e outras características fisiológicas . A temperatura do corpo, a taxa respiratória e o volume respiratório são as respostas ao estresse térmico mais utilizadas, isoladamente ou em combinação, quando do desenvolvimento de Índices de Conforto Térmico.

BAËTA et alii ( 1987 ), afirmam que as respostas dos animais ao estresse térmico são fisiológicas e comportamentais, variando de espécie para espécie. Devido a tais variações os índices que foram desenvolvidos para respostas humanas não são diretamente aplicáveis para animais.

Muitos Índices de Conforto Térmico foram desenvolvidos para caracterizar o conforto térmico para humanos, vestidos ou não. Alguns desses índices podem ser mais aplicáveis à certas faixas e tipos de ambientes que outros e seus usos necessitam alguns cuidados no caso de serem aplicados à outros homeotermos, segundo CLARK ( 1981 ).

Para BUFFINGTON et alii ( 1981 ), o estresse devido ao calor é definido por todas as combinações de condições ambientais que causarão uma temperatura efetiva do ambiente maior que a da zona termoneutra dos animais. Assim, os quatro fatores ambientais que mais influenciam as temperaturas efetivas são : a temperatura de bulbo seco, a umidade, a radiação e a velocidade do vento. A exata combinação das condições ambientais em um índice prevendo quando o estresse devido ao calor se inicia é tarefa muito difícil, mas não é impossível de se especificar para uma particular espécie de animal.

NÄÄS ( 1989 ) classificou os Índices de Conforto Térmico conforme a base para o seu desenvolvimento. Os índices biofísicos são os baseados nas trocas de calor entre o corpo e o

ambiente, correlacionando-se os elementos de conforto com as trocas de calor que os originam. Os índices fisiológicos são os que se baseiam nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade do ar. Por outro lado os índices subjetivos são os que se baseiam em sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições que os elementos de conforto térmico variam.

A Temperatura Efetiva (  $T_e$  ) desenvolvida por YAGLOU ( 1927 ), citado por CLARK (1981 ), é definida como a temperatura de ar parado, saturado com vapor d'água que produz a mesma sensação de calor para humanos submetidos ao mesmo ambiente. Combina os efeitos de perda ou ganho de calor por convecção e evaporação. O efeito da radiação é introduzido substituindo a temperatura de bulbo seco pela temperatura de globo negro. O peso do termo devido a radiação estará de acordo com o tamanho da onda de radiação e a natureza da cobertura do animal.

Segundo NEVINS ( 1961 ), o índice de temperatura efetiva define combinações entre temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar, os quais induzem a mesma sensação de calor em condições termoequivalentes. O índice de temperatura efetiva define condições de efeitos fisiológicos para pessoas sedentárias, com roupas leves ou praticando exercícios leves.

SUGGS ( 1966 ), afirma que para o caso de indivíduos exercitando-se, principalmente em temperaturas altas, o fator umidade relativa do ar deve ter maior importância do que o indicado pelo índice de temperatura efetiva.

O fator de vento K, segundo SIPLE e PASSEL ( 1945 ) citado por CLARK ( 1981 ), utilizado em índices de conforto, é baseado no efeito imposto pelo vento em uma pessoa vestida

em condições de ambiente frio. Esse fator indica o poder de resfriamento do vento e o perigo de exposição ao mesmo, devido à troca de calor por convecção e evaporação.

Segundo NÄÄS ( 1989 ), embora o fator K tivesse sido desenvolvido para humanos, estudos com gado de corte indicaram que o efeito do vento pode ser avaliado também para animais domésticos.

Uma das mais importantes causas do estresse térmico para o homem e o animal doméstico é a radiação solar. Um índice que considera este fator foi determinado por MINARD, BELDING e KINGSTON ( 1957 ), citados por CLARK ( 1981 ), e é conhecido como índice de temperatura de globo ( WBGT ). O WBGT é baseado nas medidas de temperatura de globo, na temperatura de orvalho e da temperatura ambiente é definido por:

$$\text{WBGT} = 0,7 \text{ TBU} + 0,2 \text{ TG} + 0,1 \text{ TA}$$

sendo :  
 TBU = temperatura de bulbo úmido ( °C )  
 TG = temperatura de globo ( °C )  
 TA = temperatura ambiente

Conforme NÄÄS ( 1989 ), o fundamento da utilização desse índice está na consideração de que o estresse devido ao calor por irradiação solar é uma parcela significativa da troca térmica seca. O índice não engloba a velocidade do ar, entretanto, para termômetros de globo com diâmetros grandes , acontecem diferenças de leitura quando a velocidade do ar está acima de 1 m/s

O WBGT, segundo OLIVEIRA ( 1980 ), foi originalmente desenvolvido para humanos, coma finalidade de descrever condições térmicas críticas em operações bélicas militares.

Para BUFFINGTON et alii ( 1981 ), o índice de conforto mais comum existente é o Índice de Temperatura e Umidade ( THI ), adotado pela U. S. Weather Bureau em 1959 como Índice de Conforto Térmico para Humanos. O THI é definido por:

$$\text{THI} = \text{TBS} + 0,36 \text{ TBU} + 41,5$$

onde:                    TBS = temperatura de bulbo seco (°C)  
                               TBU = temperatura de bulbo úmido (°C)

Para os autores, o Índice de Umidade e Temperatura de Globo ( BGHI ) para conforto e performance animal, integra a temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar, movimentação do ar e nível de radiação. Ainda os mesmos autores afirmam que o BGHI é um indicador mais preciso do conforto térmico e da produção animal, quando comparado com o THI, em condições ambientais onde a radiação solar ou a velocidade do ar são altas. Sob condições de níveis moderados de radiação solar, o BGHI e o THI são igualmente eficientes como indicadores do conforto térmico animal. O BGHI é definido por:

$$\text{BGHI} = \text{TG} + 0,36 \text{ TPO} + 41,5$$

onde:                    TG = temperatura de globo negro (°C)  
                               TPO = temperatura de ponto de orvalho (°C)

CARGILL e STEWART ( 1966 ), observaram que as mesmas variáveis psicométricas causadoras do desconforto térmico em humanos também causam certo desconforto em vacas leiteiras, fato que pode acarretar decréscimo na produção de leite. Por outro lado, JOHNSON et alii ( 1963 ), afirmaram que os declínios na produção de leite são maiores conforme o aumento no THI. Ainda em relação ao declínio na produção de leite em gado da raça holandesa, BERRY et alii ( 1964 ), estabelecem uma equação que envolve o THI

BAËTA et alii ( 1987 ), mostram as faixas de ETI que são classificadas como livres de estresse ( valores de índice de 18 a 27<sup>o</sup> C), cuidado com estresse ( 27 a 32<sup>o</sup> C ), extremo cuidado com estresse ( 32 a 38<sup>o</sup> C ), perigo ( 38 a 44<sup>o</sup> C ) e extremo perigo ( valores acima de 44<sup>o</sup> C ). O estabelecimento de tais faixas foram baseados em recomendações da National Weather Service (1984). As faixas de conforto térmico definidas por BAËTA et alii ( 1987 ), são extremamente importantes para que os produtores possam observar através de um único número , representado pelo ETI, o nível de estresse térmico que o animal esta sendo submetido .

Resumindo, conforme CLARK (1981 ), os Índices de Conforto Térmico em seguida relacionados, levam em consideração em seus desenvolvimentos não só os elementos meteorológicos, bem como suas importâncias relativas e as características inerentes aos animais.

#### **ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO ( WBGT ).**

$$WBGT = 0,7 TBU + 0,2 TG + 0,1 TA$$

sendo :  
 TBU = temperatura de bulbo úmido (°C)  
 TG = temperatura de globo ( °C )  
 TA = temperatura ambiente ( °C)

**ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE ( THI ),** adotado pela U. S. Weather Bureau em 1959 como Índice de Conforto Térmico para Humanos.

$$THI = TBS + 0,36 TBU + 41,5$$

onde:  
 TBS = temperatura de bulbo seco (°C)  
 TBU = temperatura de bulbo úmido (°C)

#### **ÍNDICE DE UMIDADE E TEMPERATURA DE GLOBO (BGHI)**

$$BGHI = TG + 0,36 TPO + 41,5$$

onde:  
 TG = temperatura de globo negro (°C)  
 TPO = temperatura de ponto de orvalho (°C)

### ÍNDICE DE TEMPERATURA EQUIVALENTE (ETI) BAETA et alii (1987)

$$ETI = 27,88 - 0,456t + 0,010754t^2 - 0,4905h + 0,00088h^2 + 1,1507v - \\ -0,126447v^2 + 0,019876 t(h) - 0,046313 t(v)$$

onde: t = temperatura do ar (°C)  
h = umidade relativa do ar (%)  
v = velocidade do vento (m/s)

### 3.3 MODELOS DE AJUSTES DE CURVAS

PICKERING (1982) apresenta modelos para análise do ambiente nos quais os elementos de entrada são temperatura de bulbo seco, sendo calculada a radiação solar direta e difusa com os demais dados ambientais fornecidos ao modelo.

ASHARE (1981) propõe a radiação difusa expressa em termos de radiação solar estimados por modelos matemáticos.

GOMES (1987) sugere que, dadas duas variáveis X e Y, das quais X é fixada com grande exatidão, a teoria da regressão deve ser preferida, ao invés de coeficientes de correlação ou de determinação, como medida de dependência entre as variáveis.

Em casos de interesse científico em que não há possibilidade de repetições para os dados a serem coletados, como é o caso de variáveis meteorológicas, o autor afirma que a regressão polinomial pode ser realizada, com justificável aceitação, utilizando como resíduo, o quadrado médio dos desvios da regressão, GOMES (1987).

Os ajustes de curvas poderão ser efetuados pelo método dos quadrados mínimos, tradicional e mais indicado para o propósito em pauta ( HOFFMAN e VIEIRA, 1989; GOMES, 1987; PEREIRA E ARRUDA, 1987 )

#### 4. METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido à partir dos dados coletados com 3 (três) lotes de 5 (cinco) vacas leiteiras da raça holandesa preto e branco, em lactação, em regime semi estabulado, que é a mais comum situação no Brasil, nos meses de setembro e outubro de 1996, época onde os animais têm acesso às pastagens.

As vacas escolhidas para o trabalho pertencem ao plantel da Fazenda Boa Estrela situada no Município de Borda da Mata, Estado de Minas Gerais, Brasil, são de boa genética e apresentaram peso médio de 550 kg. Foram agrupadas em 3 (três) lotes de 5 (cinco) vacas segundo critério de produtividade : vacas de baixa produtividade, vacas de média produtividade e vacas de alta produtividade.

As figuras nº 4 e nº 5 mostram o tipo das instalações onde se desenvolveram os trabalhos. É de se notar que as instalações são típicas da maioria das granjas produtoras de leite na região.

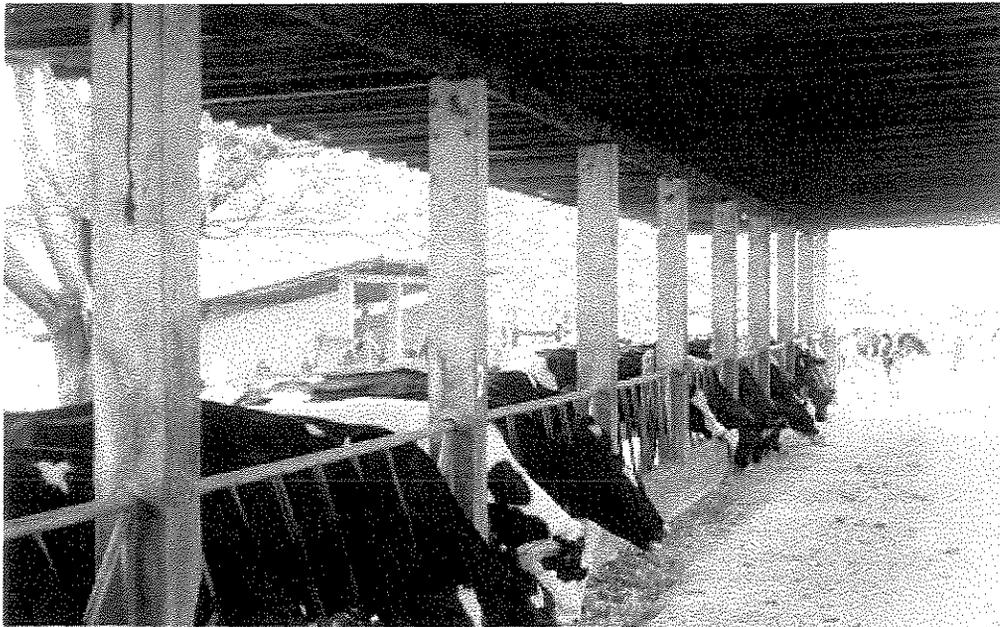


Figura 4 - Vista das instalações



Figura 5 - Vista das instalações

Os dados referentes às variáveis climáticas foram coletados na mesma época. Foi feita a coleta de dados diariamente, durante 24 dias, à partir de 22 de setembro até 15 de outubro de 1996, nos horários: 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00 horas, sendo utilizados os maiores valores do dia. A velocidade do vento foi medida no interior das instalações por um anemômetro digital da marca Alnor, com escala de 0 a 30 m/s, e precisão de 1 m/s. Para a coleta de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido foram utilizados higrômetros da marca Incotherm, com escala variando entre  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $50^{\circ}\text{C}$ , e precisão de  $1^{\circ}\text{C}$ .

Os dados de temperatura de globo foram obtidos através do uso de termômetros de globo. Este termômetro é formado pela associação de um termômetro de coluna de mercúrio, com escala variando de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ , e precisão de  $1^{\circ}\text{C}$ , inserido no centro geométrico de uma esfera plástica recoberta com tinta da cor preta fosca. O orifício de inserção do termômetro na esfera foi convenientemente vedado, conforme NÄÄS et al. (1993).

As temperaturas máximas e mínimas foram coletadas utilizando-se termômetros de máxima e mínima da marca Incotherm, com escalas variando de  $-30^{\circ}\text{C}$  até  $50^{\circ}\text{C}$ , e precisão de  $1^{\circ}\text{C}$ .

Os instrumentos de medidas das variáveis climáticas foram convenientemente posicionados nas instalações (galpões) visando a maior proximidade possível das vacas quando de suas permanências nos estábulos. As figuras nº 6 e nº 7 mostram tais posicionamentos.



Figura 6 - Posicionamentos dos instrumentos

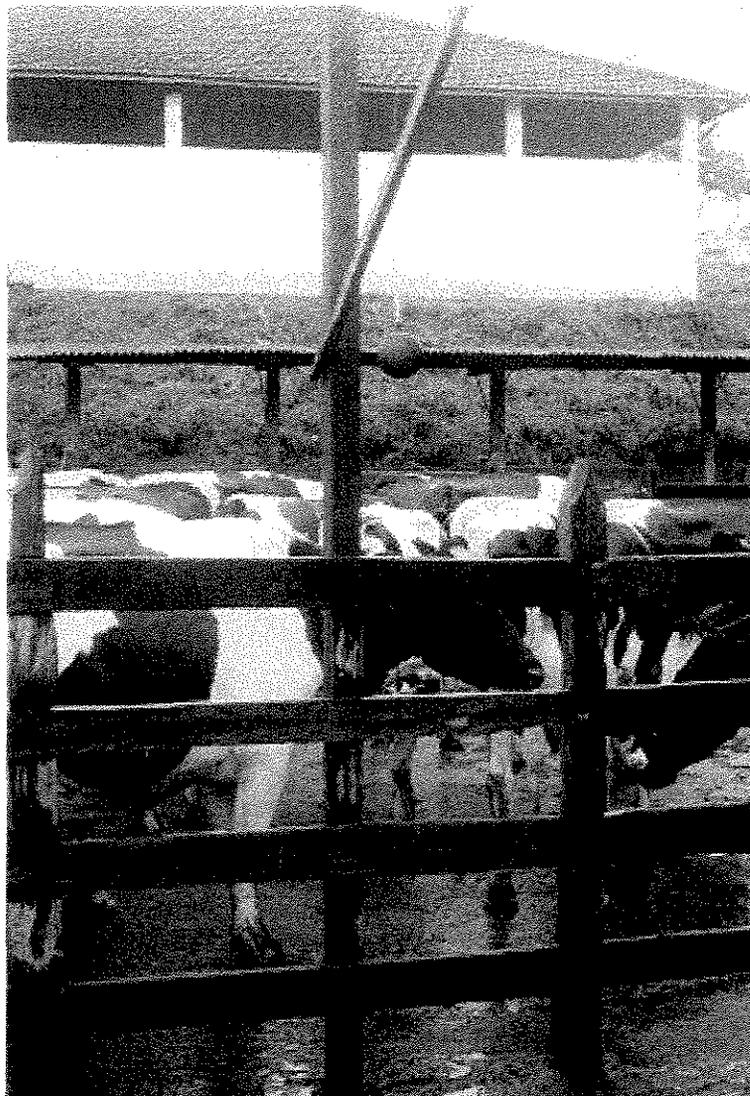


Figura 7 - Posicionamento do termômetro de globo na área de espera de ordenha

Foram inseridas no programa para computadores “PRÓ LEITE” os dados referentes às variáveis climáticas necessários para sua perfeita utilização : velocidade do ar, umidade relativa do ar e temperatura ambiente visando obter-se as produções simuladas baseadas no ETI. Foram feitas as comparações entre as curvas de produções de cada lote de vacas e a curva de produção simulada pelo programa de computador. As três comparações podem ser observadas no gráfico da figura nº 8.

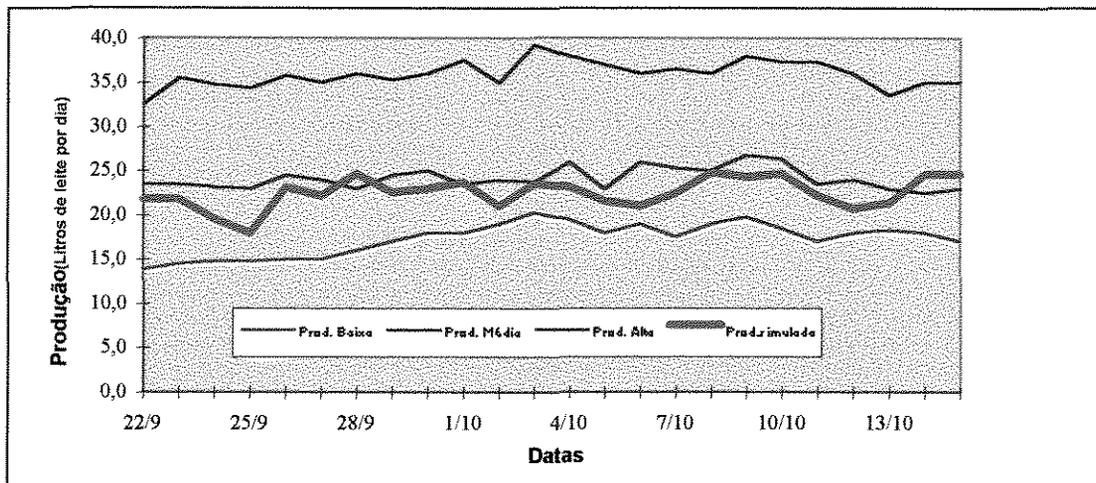


Figura 8 - Comparações das produções reais *versus* produção simulada

O procedimento analítico adotado para o ajuste da equação que rege o ETI definido por BAËTA et alii. (1987) para gado leiteiro da raça holandesa preto e branco, em regime totalmente estabulado, para poder ser utilizado plenamente como Índice de Conforto Térmico para a situação de gado leiteiro em regime semi estabulado, através do programa para computadores PRÓ LEITE, conforme NÄÄS et alii (1991), foi de natureza probabilística.

Com o objetivo de se verificar a normalidade dos dados, os testes estatísticos aplicados foram antecedidos por testes de aderência, pelos métodos recomendados por COSTA NETO (1977). Em tais testes, a hipótese testada refere-se à forma da distribuição da população. Admitindo-se, por hipótese, que a distribuição da variável de interesse na população seja descrita por determinado modelo de distribuição de probabilidade, testamos este modelo, ou seja, verificamos a boa ou má aderência dos dados da amostra ao modelo.

Os testes estatísticos utilizados foram efetuados com o auxílio dos programas para computadores: "InStat", Instant Statistics da GraphPad Software, Inc, versão 2, "SANEST", elaborado pela Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo e Microsoft Excell for Windows, versão 7, da Microsoft Corporation.

O ajuste das curvas foi realizado através do método de regressão multivariável, método dos quadrados mínimos tradicional e adequado para o problema em pauta, utilizando como apoio o programa de estatística para computadores Minitab for Windows, versão 10, da Minitab Inc. .

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados climáticos e de produção, bem como os valores de produção simulados pelo programa para computador “PRÓ LEITE”, estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Dados climáticos

Data	Temperatura °C	Umidade Relativa %	Velocidade do ar m/s
22/Set	29,0	42,3	1,5
23/Set	29,0	43,6	1,2
24/Set	31,6	40,0	1,5
25/Set	32,3	62,6	3,6
26/Set	26,7	48,9	2,3
27/Set	29,7	44,4	1,6
28/Set	24,8	53,9	2,1
29/Set	27,9	40,0	2,3
30/Set	27,1	43,1	3,4
01/Out	26,0	40,5	2,1
02/Out	30,6	40,3	1,5
03/Out	21,2	89,0	1,6
04/Out	26,8	48,6	1,8
05/Out	29,4	40,8	2,1
06/Out	30,3	40,8	1,5
07/Out	26,9	59,2	1,8
08/Out	25,0	44,3	1,6
09/Out	22,4	71,8	2,5
10/Out	23,7	67,7	0,9
11/Out	27,2	59,3	1,3
12/Out	30,8	46,1	1,5
13/Out	28,6	54,1	2,7
14/Out	22,8	78,8	4,1
15/Out	23,6	54,7	2,8

Tabela 2 - Valores de produção de leite (litros)

Data	Simulada	Prod. Baixa	Prod. Média	Prod. Alta	Média Prod. Diária
22/Set	21,8	19,0	23,5	32,5	25,0
23/Set	21,8	20,5	23,5	35,5	26,5
24/Set	19,6	19,0	23,2	34,8	25,7
25/Set	18,2	18,0	23,0	34,3	25,1
26/Set	23,1	19,0	24,5	35,8	26,4
27/Set	22,0	17,5	24,0	35,0	25,5
28/Set	24,7	19,0	23,0	36,0	26,0
29/Set	22,5	19,8	24,5	35,3	26,5
30/Set	23,0	18,5	25,0	36,0	26,5
01/Out	23,7	17,0	23,5	37,5	26,0
02/Out	20,8	18,0	24,0	35,0	25,7
03/Out	23,6	18,3	23,8	39,3	27,1
04/Out	23,2	18,5	26,0	38,0	27,5
05/Out	21,6	17,0	23,0	37,0	25,7
06/Out	21,0	17,0	26,0	36,0	26,3
07/Out	22,5	19,0	25,3	36,5	26,9
08/Out	24,8	18,0	25,0	36,0	26,3
09/Out	24,3	17,5	26,8	38,0	27,4
10/Out	24,7	16,0	26,3	37,3	26,5
11/Out	22,2	18,2	23,5	37,3	26,3
12/Out	20,7	17,0	24,0	36,0	25,7
13/Out	21,4	19,0	23,0	33,5	25,2
14/Out	24,6	19,0	22,5	35,0	25,5
15/Out	24,6	17,5	23,0	35,0	25,2

Com os dados climáticos e utilizando-se o programa para computador “PRÓ LEITE”, foram calculados os valores da produção simulada, apresentados na tabela 2.

Análises estatísticas foram realizadas visando verificar as diferenças entre as médias de produção das vacas de baixa produtividade e a produção simulada, que apresentaram os seguintes resultados:

A Análise de Variância forneceu o valor de F de Snedecor calculado, 100,2604, muito maior que o valor crítico, ao nível de significância 0,05, nos indica a existência de diferença estatisticamente significativa entre as médias diárias de produção das vacas de baixa produtividade e a produção simulada. ( Tabela 3)

O Teste de Tukey evidenciou pelos seus resultados calculados as diferenças entre as médias de produção das vacas de baixa produtividade e a produção simulada, aos níveis de significância de 0.05 e 0,01 . (Tabela 4)

Tabela 3 - Análise de variância entre médias de produção de vacas de baixa produtividade e produção simulada

Causas da variação	G.L.	S.Q	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Baixa Prod.	1	221,4491176	221,4491176	100,2604	0,00001
Resíduo	46	94,0940235	2,0455222		
Total	47	315,5431411			

Tabela 4 - Teste de Tukey para médias de produção de vacas de baixa produtividade e produção simulada

Nº Ordem	Nº Trat.	Nome	NºRepet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Simulado	24	22,516665	22,516665	a	A
2	1	Baix.Prod	24	18,220834	18,220834	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

As mesmas estatísticas foram realizadas visando verificar as diferenças entre as médias de produção das vacas de média produtividade e a produção simulada, apresentando os seguintes resultados:

A Análise de Variância forneceu o valor de F de Snedecor calculado, 14,5135, muito maior que o valor crítico, ao nível de significância 0,05, nos indica a existência de diferença estatisticamente significativa entre as médias diárias de produção das vacas de média produtividade e a produção simulada. ( Tabela 5)

O Teste de Tukey evidenciou, também, pelos seus resultados calculados as diferenças entre as médias de produção das vacas de média produtividade e a produção simulada, aos níveis de significância de 0.05 e 0,01 . (Tabela 6)

Tabela 5 - Análise de variância entre médias de produção de vacas de média produtividade e produção simulada

Causas da variação	G.L.	S.Q	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Média Prod.	1	32,5017360	32,5017360	14,5135	0,00068
Resíduo	46	103,0130369	2,2394138		
Total	47	135,5147730			

Tabela 6 - Teste de Tukey para médias de produção de vacas de média produtividade e produção simulada

Nº Ordem	Nº Trat.	Nome	NºRepet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Méd Prod	24	24,162498	24,162498	a	A
2	1	Simulado	24	22,516665	22,516665	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Para as médias diárias de produção relativas às vacas de alta produtividade, o procedimento estatístico foi o mesmo, resultando uma análise de variância que apresentou o valor F de Snedecor igual a 439,7336, também muito maior que o valor de F crítico, evidenciando ser também significativa a diferença entre as médias de produção das vacas de alta produtividade e a produção simulada. (Tabela 7)

Novamente o Teste de Tukey evidenciou, pelos seus resultados calculados as diferenças entre as médias de produção das vacas de alta produtividade e a produção simulada, aos níveis de significância de 0.05 e 0,01. (Tabela 8)

Tabela 7 - Análise de variância entre médias de produção de vacas de alta produtividade e produção simulada

Causas da variação	G.L.	S.Q	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Alta Prod.	1	2051,465322	2051,465322	439,7338	0,00001
Resíduo	46	214,601227	214,6012271		
Total	47	2266,066549			

Tabela 8 - Teste de Tukey para médias de produção de vacas de altas produtividade e produção simulada

Nº Ordem	Nº Trat.	Nome	NºRepet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	Simulado	24	22,516665	22,516665	a	A
2	1	Baix.Prod	24	18,220834	18,220834	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicada

Como ocorreram diferenças significativas entre as médias diárias de produções e a produção simulada, houve necessidade da correção do Índice de temperatura Equivalente (ETI).

Para efetuar esta correção foram utilizadas as médias de produção dos 3 (três) lotes de vacas, (alta, média e baixa produtividade),

Utilizando as mesmas variáveis que foram inicialmente consideradas como significativas para compor o Índice de Temperatura Equivalente (ETI), por BAËTA et. Alii (1987), velocidade do vento, temperatura ambiente e umidade relativa do ar, foi realizado uma análise de regressão multivariável que apresentou os seguintes resultados, mostrados nas tabelas 9, 10 e 11.

Tabela 9 - Estatística de regressão

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,56769332
R-Quadrado	0,322275705
R-quadrado ajustado	0,220617061
Erro padrão	0,620156769
Observações	24

Tabela 10 - Análise de variância

Fonte	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	3	3,65769497	1,21923166	3,17017513	0,046749727
Resíduo	20	7,69188836	0,38459442		
Total	23	11,3495833			

Tabela 11 - Coeficientes e erros padrão

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>
Interseção	29,83627904	2,10953922
Temperatura °C	-0,11518794	0,05782105
Umidade Relativa %	0,000591315	0,01347539
Velocidade do ar m/s	-0,30525115	0,16884252

Embora o  $r^2 = 32,2\%$  temos uma variância igual a 0,3846, pequena, e para um nível de significância igual a 5% não rejeitamos o modelo pois o valor F de significação é menor que 0,05. Assim sendo, a equação matemática resultante da regressão é:

$$ETI_{\text{corrigido}} = 29,83628 - 0,11519 t + 0,00059 h - 0,30525 v$$

onde t é temperatura em °C, h é umidade relativa do ar em %, e v é velocidade do vento em m/s.

## 6. CONCLUSÕES

6.1 A equação matemática que descreve de forma mais apropriada o Índice de Temperatura Equivalente (ETI) para gado leiteiro da raça holandesa, preto e branco, em lactação, em regime semi estabilado é:

$$ETI_{\text{corrigido}} = 29,83628 - 0,11519 t + 0,00059 h - 0,30525 v$$

onde t é temperatura em °C, h é umidade relativa do ar em %, e v é velocidade do vento em m/s .

6.2 O Índice de Temperatura Equivalente (ETI), conforme proposto por BAËTA et alii (1987), não é adequado para prever a produção real de leite em vacas da raça holandesa, preto e branco, em lactação, em regime semi estabilado

6.3 Não tendo sido adequado para nenhum ponto da curva inicialmente proposta, o melhor ajuste ocorreu com a proposição de nova equação, com as mesmas variáveis inicialmente selecionadas para a composição do Índice de Temperatura Equivalente (ETI).

6.4 É de se observar que a equação ora proposta do  $ETI_{\text{corrigido}}$  nos mostra que em uma primeira análise, facilmente, com alterações simples de velocidade do vento, através de ventilação artificial, é possível melhorar efetivamente as condições de conforto térmico no interior das edificações.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHARE - Handbook of Fundamentals, American Society of Heating and Refrigerating Air - Conditioning Engineers, Inc, New York, N.Y. (1981)

ASHARE - Handbook of Fundamentals, American Society of Heating and Refrigerating Air - Conditioning Engineers, Inc, Atlanta, 1985

BAÊTA, F.C. et alii, Equivalent Temperature Index at Temperatures above The Thermoneutral for Lactating Dairy Cows, St. Joseph, MI. USA, ASAE, 1987. 21 p. Paper nº 87-4015

BERRY, F. C. et alii, Dairy Shelter Design Based on Milk Production Decline as Affected by Temperature and Humidity, Trans ASAE, St. Joseph, MI, USA, V 7, n 3, p 329-331, 1964.

BUFFINGTON, D. C. et alii, Black Globe-Humidity Index as a Confort Equation for Dairy Cows, St. Joseph, MI. USA, Trans ASAE 1981, V 24, n 3, p 711 -714

CARGILL, B. F. & STEWART, R. G., Effect of Humidity on Total Heat Vapor Dissipation on Holstein Cows St. Joseph, MI. USA, Trans ASAE, 1966, V 9, n 5, p 702 - 707

CLARK, J. A, Environmental Aspects of Housing for Animal Production, London, Butterworths, 1981. 511 p

COSTA NETO, P. L. O., Estatística, São Paulo, Brasil, Editora Edgard Blucher Ltda., 1977, 264p

ESMAY, M.L., Principles of Animal Environment, Textbook Edition, Westport, Avi Publishing Company Inc., 1969

- FEHR, R. L. et alii, Limiting Swine Stress with Evaporative Cooling in the Southeast St. Joseph, MI. USA, Trans ASAE, 1983, V 26, n 12, p 542 - 545
- GOMES, F. P., Curso de Estatística Experimental, Piracicaba, Brasil, Livraria Nobel S.A.. Editora-Distribuidora 1987. 467 p
- HOFFMANN, R. e VIEIRA, S., Análise de Regressão - uma Introdução à Econometria, São Paulo, Brasil, Ed Nacitec 1989
- JOHNSON, H.D.; RAGSDALE, A.C.; BERRY, I.L.; SHANKLIN, M.D. Effect of various temperature - humidity combinations on milk production of holstein cattle. Missouri Agricultural Experiment Station Research Bulletin. n. 791, 1963
- NÄÄS, I.A., Princípios de Conforto Térmico na Produção Animal, São Paulo, Brasil, Editora Ícone, 1989. 183 p
- NÄÄS, I. A. et alii, Evaluation of Dairy Housing under Tropical Climate, St. Joseph, MI. USA, ASAE, 1991. Paper n° 914024
- NÄÄS, I.A.; LAGANÁ, C., MOURA, D.J.; LALONI, L.A.; AGUIAR, M.A.; REIS, R.L.S.P. In : XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AVICULTURA, Brasília - DF, 1993, Anais. P 85-91.
- NÄÄS, I. A. et alii, Model Validation for Semi-intensive Milking Cows, Milano, Italy, AGENG, 1994. Report N. 94-C-056
- NEVINS, R. G. Psychrometrics and Modern Confort Proceedings of Joint, ASHARE-ASME Meeting, 1961
- OLIVEIRA, J. L., Hot Weather Livestock Housing Analysis, MI, USA, Michigan State University, 1980 ( Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola ) 125 p

PEREIRA, A. R. e ARRUDA, H. V., Ajuste Prático de Curvas na Pesquisa Biológica, Campinas, Brasil, Fundação CARGILL, 1987.

PICKERING, N.B. Operational stochastic meteorologic models for nonpoint source pollution modeling ( Mouse model ) Msc. Thesis , Cornell University, Department of Agricultural Engineering , Ithaca, New York, 1982, 125 p.

SUGGS, C. W., Rule of Enthalpy in Heat Loss, St. Joseph, MI. USA, Trans ASAE, V 9, n 3, 1966, p 322 - 325.

THOM, E.C., Measuring the need of air conditioning. Air Conditioning Heating and Ventilation Magazine. 53 (8) :1958, P 65-70.

## ABSTRACT

Based up on the Equivalent Temperature Index (ETI) developed by BAËTA et alli (1987), a software called “PRÓ LEITE” was designed and tested for black and white, lactating Holstein’s cows, housed in semi-confined management, as cited in NÄÄS et alli (1993). Deviations from the obtained real production graph and the simulated one were verified. It was estimated that the deviations were due to the fact that the Equivalent Temperature Index was developed by it’s authors to estimate the thermal confort for totally confined lactating Holstein’s cows. To predict the milk production using the Equivalent Temperature Index (ETI) as established in the software “PRÓ LEITE”, for semi-confined lactating Holstein’s cows, a mathematical approach was needed. The present research develops a mathematical equation for adjusting the Equivalent Temperature Index (ETI) in order to reflect the milk production in semi-confined herd situation.