



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

AVALIAÇÃO DA PLASTICIDADE FENOTÍPICA PARA PRODUÇÃO LEITEIRA EM UM
REBANHO HOLANDÊS NA REGIÃO DE SÃO BENTO DO UNA (PE)

Claudianny Souto Maior de Moraes Vilar

Garanhuns - PE
2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

AVALIAÇÃO DA PLASTICIDADE FENOTÍPICA PARA PRODUÇÃO LEITEIRA EM UM
REBANHO HOLANDÊS NA REGIÃO DE SÃO BENTO DO UNA (PE)

Claudianny Souto Maior de Moraes Vilar

Prof. Orientador Dr. Kleber Régis Santoro

Garanhuns - PE
2019

Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação Universidade Federal Rural
de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

- V697a Vilar, Claudianny Souto Maior de Moraes
Avaliação da plasticidade fenotípica para produção leiteira em um rebanho Holandês na região de São Bento do Una (PE) / Claudianny Souto Maior de Moraes Vilar. - 2019.
40 f. : il.
- Orientador: Kleber Régis Santoro.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Zootecnia, Garanhuns, 2019.
1. HSP-70. 2. Interação genótipo-ambiente. 3. Polimorfismos. 4. Padrão genético. 5. Normas de reação . I. Santoro, Kleber Régis, orient. II. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CLAUDIANNY SOUTO MAIOR DE MORAES VILAR

AVALIAÇÃO DA PLASTICIDADE FENOTÍPICA PARA PRODUÇÃO LEITEIRA EM UM
REBANHO HOLANDÊS NA REGIÃO DE SÃO BENTO DO UNA (PE)

Aprovado em/...../.....

EXAMINADORES

Edyniesky Ferrer Miranda

Médico Veterinário e Zootecnista, M.Sc. em Medicina Veterinária Preventiva e D.Sc. em
Biometria Estatística Aplicada

Ricardo Brauer Vigoderis

Prof., Engenheiro Agrícola, M.Sc. e D.Sc em Engenharia Agrícola

Kleber Régis Santoro

Prof., Zootecnista, M.Sc. em Zootecnia e D.Sc. em Zootecnia - UFRPE/UAG Orientador

Epígrafe

O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.

(Desconhecido)

*A Deus que nos criou e foi criativo nesta tarefa;
Ao meu anjo de guarda por me acompanhar em todo o meu trajeto;
Aos meus pais, Claudio Irineu de Moraes Vilar e Jacenny Claire Souto Maior de
Moraes Vilar, por todo amor, por sua capacidade de acreditar em mim e pelos seus
esforços para que esse sonho se tornasse realidade;
Aos meus irmãos mais velhos que sempre foram um espelho do que se fazer na vida;
E a todos os meus familiares e amigos que de alguma forma estiveram e estão
próximos a mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.*

DEDICO!

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 PRODUÇÃO ANIMAL E CLIMA	14
3.1.1 Ambiência e produção animal.....	14
3.1.2 Zona de Conforto Térmico (ZCT) ou Zona de Termoneutralidade (ZTN)	14
3.1.2.1 Bem-estar animal	14
3.1.2.2 Variáveis influentes.....	16
3.1.3 ZCT para bovinos	16
3.1.4 Estresse térmico.....	17
3.1.4.1 Fisiologia do estresse térmico	17
3.1.5 Influência da ZCT e do estresse térmico sobre a produção de leite	18
3.2 INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE	19
3.2.1 Plasticidade fenotípica	19
3.2.2 Normas de reação	22
4 METODOLOGIA.....	23
4.1 DADOS PRODUTIVOS.....	23
4.2 DADOS CLIMÁTICOS.....	23
4.3 DADOS DE GENÉTICA MOLECULAR.....	24
4.4 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE	24
4.5 ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	25
4.6 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO	25
4.7 ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA).....	26
4.8 ANÁLISE DE REGRESSÃO	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA	27
5.2 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)	27
5.3 CORRELAÇÃO.....	28
5.4 ANOVA	29
5.5 ANÁLISE DE REGRESSÃO	31
5.6 ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	25
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variações da temperatura corporal de um animal homeotérmico em função da temperatura ambiente.	15
Figura 2 - Interação genótipo-ambiente, (I) a ordem dos genótipos se mantém, mas a magnitude da diferença não, (II) o ordenamento dos genótipos é diferente conforme o ambiente.....	20
Figura 3 – Descrição da correlação em palavras dado o valor numérico.	26
Figura 4 - Distribuição da produção de leite do polimorfismo D do gene HSP-70 conforme os valores de ITU.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Situações possível de interação genótipo ambiente.	20
Tabela 2 –Estatística descritiva para produção de leite em bovinos Holandês, segundo o polimorfismo do gene HSP-70	27
Tabela 3 – Classificação de ITU.	28
Tabela 4 – Estatística descritiva por mês do ITU.....	28
Tabela 5 – Valores de correlação da produção média de leite entre as variáveis climáticas .	29
Tabela 6 – Valores de correlação dos polimorfismos do gene HSP-70 entre as variáveis climáticas.	29
Tabela 7 – Análise de variância de modo geral, sem estresse e com estresse.	30
Tabela 8 – Produção média (l/dia) para os polimorfismos do gene HSP-70 em rebanho leiteiro, de modo: geral, sem estresse ($ITU \leq 74$) e com estresse ($ITU \geq 75$).	30
Tabela 9 – Declínio na produção de leite dos genótipos em três situações: geral, sem estresse ($ITU \leq 74$) e com estresse ($ITU \geq 75$)..	32

RESUMO

O clima atua de forma direta sobre os animais, que quando expostos a intempéries por várias horas do dia, tornam-se extremamente suscetíveis a um estado permanente de estresse, que desencadeiam alterações fisiológicas de adaptação, comprometendo o desempenho produtivo do animal. A maioria dos animais criados para produção de leite são sensíveis as elevadas temperaturas encontradas nas zonas tropicais, sendo, muitas vezes, a atuação dos elementos climáticos tão intensa que causam desequilíbrio entre o animal e o ambiente. O presente estudo avaliou a plasticidade fenotípica para produção leiteira em um rebanho Holandês na região de São Bento do Una (PE), como também avaliou a diferente composição genotípica dos animais para o gene HSP-70, se influencia na sua adaptação ao clima e consequentemente a produção leiteira. Com o auxílio do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) – Estação Experimental de São Bento do Una foi possível à aquisição de 117.323 dados de produção de leite diário de 271 animais dos anos de 2008 a 2018. As informações da precipitação pluviométrica diária dos anos de 2008 até 2014 foram obtidas no site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), os materiais de radiação solar, umidade relativa do ar, temperatura média, máxima e mínima, referentes aos anos de 2008 até meados de 2012, foram adquiridos do Sistema Integrado de Dados (SINDA) do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) e os dados referentes ao clima do final do ano de 2012 até 2014 foram recebidos pelo IPA Estação Experimental de São Bento do Una. As análises de genética molecular foram obtidas do trabalho de dissertação de mestrado de Maria das Dores Silva Araújo, intitulada de “Diversidade genética e associação do gene do choque térmico (HSP-70) ao desempenho produtivo em vacas leiteiras no semiárido”. O estudo foi realizado com base em ITU, pois indicam melhor a qualidade do conforto térmico dos animais do que simplesmente as variáveis climáticas sozinhas. Após a aquisição e correção dos dados referentes a produção de leite, variáveis climáticas, polimorfismos do gene HSP-70 e o ITU foi criado um banco de dados único com 24.196 observações de seis polimorfismos. As análises de correlação, variância, regressão e descritiva, realizadas com as informações presentes no banco de dados, foram executadas com o auxílio do software SAS versão 9.4. Ao Avaliar o gene HSP-70 foi confirmada a plasticidade fenotípica para produção de leite no rebanho Holandês, e a influência das diferentes composições genotípicas dos animais para o mesmo gene. Através dos dados coletados, o polimorfismo G se mostrou o de maior média produtiva e de menor perda na produtividade média em condições de estresse térmico, podendo ser utilizado como base para o melhoramento dos animais para região tropical.

Palavras-chave: HSP-70; Interação genótipo-ambiente; Polimorfismos; Padrão genético; Normas de reação; Semiárido.

ABSTRACT

The climate acts directly on animals, which when exposed to bad weather for several hours of the day, become extremely susceptible to a permanent state of stress, which trigger physiological changes in adaptation, compromising the productive performance of the animal. Most animals raised for milk production are sensitive to the high temperatures found in tropical areas, and the climate elements are often so intense that they cause an imbalance between the animal and the environment. The present study evaluated the phenotypic plasticity for dairy production in a Holstein herd in the region of São Bento do Una (PE), as well as evaluated the different genotypic composition of the animals for the HSP-70 gene, influences their climate adaptation and consequently milk production. With the help of the Pernambuco Agronomic Institute (PAI) - São Bento do Una Experimental Station it was possible to acquire 117,323 daily milk production data from 271 animals from 2008 to 2018. Information on daily rainfall from 2008 to 2014 were obtained on the website of the Pernambuco Water and Climate Agency (PWCA), the materials of solar radiation, relative humidity, average, maximum and minimum temperature, referring to the years 2008 to mid 2012, were purchased from Integrated Data Center (IDC) from the National Institute for Space Research (NISR) and climate data from the end of the year 2012 to 2014 were received by IPA Experimental Station of São Bento do Una. Molecular genetics analyzes were obtained from Maria das Dores Silva Araújo's master's thesis, entitled "Genetic diversity and association of the heat shock gene (HSP-70) with the productive performance in dairy cows in the semiarid". The study was conducted on the basis of ITU, as they better indicate the quality of the animals' thermal comfort than simply the climatic variables alone. After the acquisition and correction of data related to milk production, climatic variables, HSP-70 gene polymorphisms and ITU was created a single database with 24,196 observations of six polymorphisms. Correlation, variance, regression and descriptive analyzes, performed with the information present in the database, were performed with the aid of SAS version 9.4 software. By evaluating the HSP-70 gene, the phenotypic plasticity for milk production in the Dutch herd was confirmed, and the influence of different animal genotypic compositions for the same gene. Through the collected data, the G polymorphism was the one with the highest productive average and the lowest average productivity loss under thermal stress conditions, and can be used as a basis for the improvement of animals for tropical region.

Keywords: Genetic patten; Genotype-environment; HSP-70; Polymorphisms; Reaction norms; Semiarid.

1 INTRODUÇÃO

O leite está entre os produtos mais importantes da agropecuária brasileira, sendo um dos seis produtos mais destaque (VILELA, 2001). Sua significância pode ser observada no ambiente produtivo e econômico mundial, principalmente em países considerados em desenvolvimento e em sistemas de agricultura familiar (JÚNIOR; JUNG, 2017). O agronegócio do leite e seus derivados exercem uma função importante no suprimento de alimentos e na geração de renda para a população, proporcionando empregos diretos e indiretos e possibilitando a fixação do homem no campo. Segundo Vilela (2001), para cada dólar de aumento na produção no sistema agroindustrial do leite há um crescimento de, aproximadamente cinco dólares do Produto Interno Bruto (PIB).

O leite tem um papel mundialmente expressivo na nutrição humana, destacando-se devido os seus principais componentes, como: proteínas de alta qualidade, lipídeos, carboidratos, além de ser rico em vitaminas e minerais. É um dos principais alimentos conhecido como fonte de cálcio para os humanos, cuja importância está relacionada às suas funções no organismo humano, pois contribui para a formação do tecido ósseo, promove o crescimento, regula o sistema nervoso e aumenta a resistência a infecções (TOMBINI *et al.* 2012).

Segundo informações disponíveis pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2018 o Brasil produziu um total de 33,8 bilhões de litros de leite, atingindo o quarto lugar na produção mundial. O preço médio do litro de leite foi fixado em R\$ 1,16 resultando numa renda total de R\$ 39,3 bilhões, tendo um aumento de 4,7% em relação ao ano de 2017. No ano de 2018 o quantitativo de animais ordenhados diminuiu 2,9%, em relação ao ano anterior, mas como resultado a produtividade média nacional de leite ultrapassou pela primeira vez os dois mil litros, atingindo uma média 2.069 litros por vaca ao ano. As principais regiões produtoras de leite foram a Sul e Sudeste, havendo uma produtividade média de 3.437 e 2.403 litros por vaca ao ano respectivamente. Contudo, a região Nordeste se destacou pelo seu crescimento de 10,1% da produção de leite, chegando a 1.311 litros por vaca ao ano, sendo diretamente responsável pelo aumento da produção nacional no ano de 2018 (IBGE, 2019).

A partir de 2012 iniciou-se um ciclo de estiagem no Nordeste que se prolongou pelos anos seguintes, tendo consequências diretas sobre o desempenho da pecuária leiteira em Pernambuco (PE), como baixa produção de forragens, diminuição de rebanho e queda de produção de leite. Embora a seca tenha persistido nos anos de 2014 e 2015 houve elevação no número de vacas ordenhadas e aumento da produtividade (IPA, 2018).

No ano de 2018, a Unidade Federativa de Pernambuco alcançou a oitava colocação na produção de leite no ranking nacional, colaborando com 2,78% da produção, tendo um quantitativo de 1,82 milhões cabeças bovinas, na qual 438 mil animais foram ordenhados, produzindo um total de 941 milhões litros de leite, apresentando assim, um aumento de 17% em comparação ao ano anterior, dispondo de uma produtividade média de 2.144 litros por vaca ao ano. O valor da produção teve um crescimento de 9% chegando a um total de R\$ 1,12 bilhões, tendo o preço médio do litro do leite fixado em R\$ 1,19 no ano de 2018, os cinco municípios que tiveram um maior destaque na produção de leite foram, Buíque, Águas Belas, Pedra, Bodocó e São Bento do Una, com a produção média de 75,6 milhões litros de leite, 59 milhões litros de leite, 49,87 milhões litros de leite, 49 milhões litros de leite e 47,8 milhões litros de leite respectivamente (IBGE, 2019).

A pecuária leiteira em Pernambuco é uma atividade consolidada com importante impacto social e econômico, suas principais bacias leiteiras estão localizadas no Agreste e no Sertão do Araripe. Com isso, o objetivo do estudo foi avaliar a plasticidade fenotípica para produção leiteira em um rebanho Holandês na região de São Bento do Una (PE).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a plasticidade fenotípica para produção leiteira em um rebanho Holandês na região de São Bento do Una (PE).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a estatística descritiva de produção de leite por polimorfismo do gene HSP-70;
- Analisar a influência dos índices de temperatura e umidade na produção de leite;
- Avaliar a diferente composição genotípica dos animais para o gene HSP-70 e sua influencia na adaptação ao clima e consequentemente a produção leiteira.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PRODUÇÃO ANIMAL E CLIMA

3.1.1 Ambiência e produção animal

Um dos maiores desafios da produção animal na modernidade é a exploração do potencial máximo genético do animal, tanto no ponto de vista produtivo quanto reprodutivo (DE SOUZA e BATISTA, 2012). Durante muitos anos, a busca da máxima eficiência na produção animal esteve voltada para o atendimento das necessidades de manejo, sanidade, genética e nutrição, mas, os avanços obtidos nestas áreas têm sido limitados pelos fatores ambientais, principalmente pelo ambiente no qual os animais são submetidos (BRIDI, 2010).

A ambiência para a produção animal é a definição de conforto baseada no contexto ambiental, quando se analisa as características do meio ambiente em função da zona de conforto térmico da espécie, associado a características fisiológicas que atuam na regulação da temperatura interna do animal (BRIDI, 2006).

No Brasil, devemos levar em consideração que se trata de um país tropical, sendo uma região caracteristicamente conhecida por temperaturas elevadas, intensa radiação solar, alta umidade relativa do ar, baixa amplitude térmica e tendo a existência de duas estações no ano bem definidas, como: quente/seca e quente/chuvosa (SOUZA, 2015).

Segundo Souza (2015) a produção animal no clima tropical é limitada principalmente pelo estresse calórico e há o agravante de que as raças selecionadas para maior produção, no geral, são provenientes de países de clima temperado, o que não permite a estas expressar o máximo da sua capacidade produtiva ou até acarretar prejuízos econômicos, desta forma, torna-se imprescindível o conhecimento da capacidade de adaptação das espécies e raças exploradas no Brasil, bem como a determinação dos sistemas de criação e práticas de manejo que permitam a produção pecuária de forma sustentável, sem prejudicar o bem-estar dos animais.

3.1.2 Zona de Conforto Térmico (ZCT) ou Zona de Termoneutralidade (ZTN)

3.1.2.1 Bem-estar animal

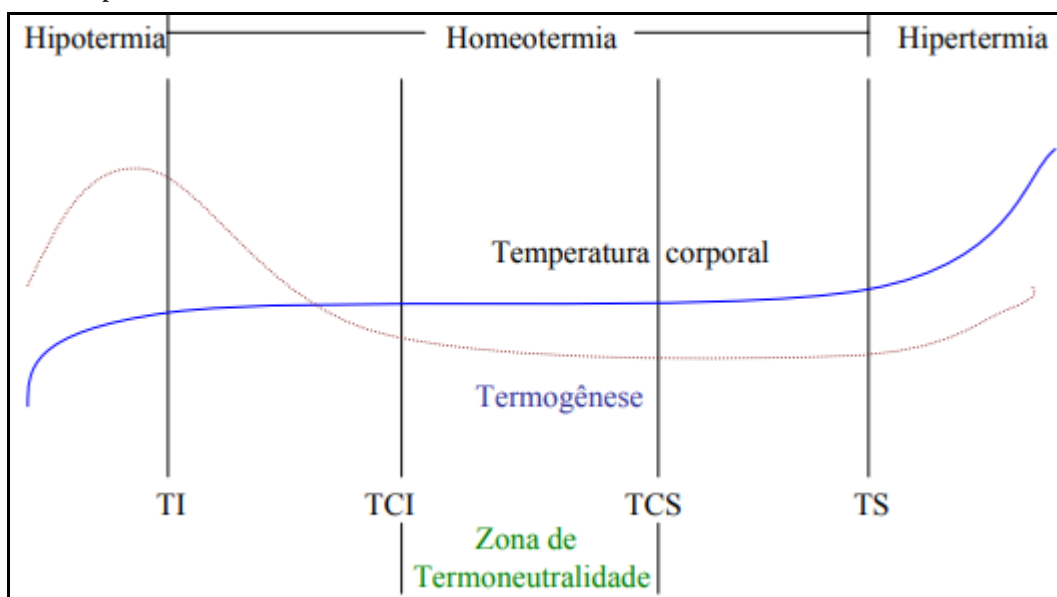
O bem-estar de um animal inclui seu estado físico e mental, de forma que, quando inserido em um sistema de produção, garantirá que os animais estejam protegidos de sofrimento desnecessário (NETO, 2014). Independente da espécie, para concluir o diagnóstico do bem-estar animal, se considera os principais aspectos que influenciam a

qualidade de vida do animal, que são as cinco liberdades: a liberdade de sede, fome e má-nutrição; a liberdade de dor e doença; a liberdade de desconforto; a liberdade para expressar o comportamento natural da espécie; a liberdade de medo e de estresse (CFMV, 2017).

O estresse térmico é um problema típico encontrado no clima tropical, e para manter a temperatura na Zona de Conforto Térmico (ZCT) os animais homeotérmicos através de alterações fisiológicas, comportamentais e metabólicas, produzem calor para aumentar a temperatura corporal em ambientes com temperaturas baixas, ou perdem calor para o meio para diminuir a temperatura corporal em ambientes com temperaturas elevadas (estresse calórico) (SOUZA, 2015; BRIDI, 2010).

Conforme Bridi (2010) a ZCT é uma faixa de temperatura ambiente em que o animal não precisa produzir ou perder temperatura corporal, podendo expressar o seu máximo potencial genético, ela é limitada pela Temperatura Crítica Inferior (TCI) e pela Temperatura Crítica Superior (TCS). Abaixo do TCI e acima do TCS existe uma zona de temperatura ambiental entre a Temperatura Inferior (TI) e a Temperatura Superior (TS), em que o animal consegue manter a sua homeotermia, entretanto, o animal necessitará de ajustes fisiológicos para manter a temperatura corporal constante. Caso o animal atinja uma temperatura abaixo de TI, o mesmo não consegue aporte de energia térmica suficiente para compensar as perdas, e acima de TS, o organismo é incapaz de impedir a elevação de sua temperatura interna, ocorrendo hipotermia ou hipertermia respectivamente Figura 1.

Figura 1. Variações da temperatura corporal de um animal homeotérmico em função da temperatura ambiente.



Fonte: Adaptado de Bridi (2010)

3.1.2.2 Variáveis influentes

A Zona de Termoneutralidade (ZTN) é dependente de diversos fatores, sendo alguns ligados ao animal como: peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação, estado produtivo e genético e outros ligados ao ambiente como a temperatura, velocidade do vento, radiação solar, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar, tipo de piso, entre outros (BRIDI, 2010).

Segundo Antunes et al. (2018) as diferentes estações do ano influenciam na produção e na constituição do leite. A diferente estação de parto influenciou o desempenho das vacas da raça Holandesa, no qual os valores mais favoráveis, tanto de produção quanto de constituição de leite foram das vacas que pariram durante o inverno e os piores resultados sendo encontrados ao longo do verão.

Alguns autores relatam que fatores da pele influenciam na tolerância ao calor dos animais. Estudos mostraram que na espécie bovina possivelmente há um gene com efeito maior em algumas raças crioulas, que causa a expressão de um tipo de pelagem com pelos curtos e que possivelmente é responsável por parte da maior resistência ao calor em animais com o gene (OLSON et al., 2003).

Conforme Castanheira *et al.* (2009) a diversidade genética de uma população também pode influenciar o nível de resposta e o grau de adaptabilidade, logo o que é estressante para alguns indivíduos pode não ser para outros.

3.1.3 ZCT para bovinos leiteiros

As vacas de raças leiteiras, quando em lactação, são particularmente sensíveis ao estresse térmico devido a sua função produtiva especializada e a sua alta eficiência na utilização dos alimentos. Os animais absorvem calor do ambiente além daquele produzido no organismo (metabolismo energético), sendo que, durante o dia, quase todo o calor absorvido do ambiente pelos animais provém da radiação solar direta ou indireta (DOMINGOS *et al.*, 2012).

Segundo Bertoncelli *et al.* (2013) a produtividade de leite esta diretamente ligada ao tempo em que o animal está submetido à zona de conforto térmico, ou seja, quanto maior o tempo em que o animal permanece em conforto maior será sua produtividade. A ZCT dos bovinos leiteiros situa-se em média entre 4° C a 21° C (BRIDI, 2010).

De acordo com Grassman *et al.* (2017) nas regiões leiteiras é de grande importância o estudo e análise do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), pois auxilia os produtores na escolha de meios mais propícios para o acondicionamento térmico dos bovinos. Conforme

Rosenberg *et al.* (1983) citado por Grassman *et al.* (2017) e Da Silva *et al.* (2006) o ITU pode ser classificado considerando que, entre 75 e 78 significa alerta aos produtores (são necessárias providências para evitar perdas); o ITU na amplitude de 79 a 83 quer dizer perigo (principalmente para os rebanhos confinados e medidas de segurança devem ser empreendidas para evitar perdas desastrosas); ITU igual ou superior a 84 caracteriza emergência (providências urgentes devem ser tomadas).

Outro índice ambiental utilizado para avaliar o conforto térmico é o índice de globo negro e umidade (ITGU) descrito por Buffington *et al.* (1981) citado por Ferreira *et al.* (2017) é um índice mais amplo que ITU, pois agrega o efeito da temperatura do ar, radiação solar e umidade relativa do ar, valores observados menores que 74 para bovinos definem situação de conforto; de 75 a 78 significam situação de alerta; de 79 a 84, perigo; e acima de 84, emergência (BAÊTA e SOUZA, 2010 citado por FERREIRA *et al.*, 2017).

Conforme Baêta *et al.* (1987) citado por Ferreira *et al.* (2017) desenvolveram o Índice de Temperatura Equivalente (ITE) para indicar o estresse térmico em gado de leite da raça Holandesa preta e branca em regime estabulado. Para vacas leiteiras em ambiente tropical, os valores de ITE menores do que 30 são seguros; entre 30 e 34 indicam cuidado; entre 34 e 38, extremos cuidados; e acima de 38, perigo extremo (SILVA *et al.*, 2007).

3.1.4 Estresse térmico

3.1.4.1 Fisiologia do estresse térmico

São vários os fatores que controlam a natureza da resposta biológica de um animal a um estressor, esses podem ser a genética, a idade, experiência anterior, sexo ou condições fisiológicas (DANTAS *et al.*, 2012).

O controle da temperatura é regulado por dois sistemas que atuam em conjunto, o sistema endócrino e o sistema nervoso central, que consiste em termorreceptores centrais e periféricos, que vão receber e enviar sinais ao centro regulador, o hipotálamo. Na glândula do hipotálamo vai ocorrer o processamento das informações provenientes de quase todos os tecidos do organismo, e o envio da resposta aos órgãos efetores, que vão produzir os efeitos necessários para ocorrer a termorregulação (BRAZ, 2005; DE SOUZA e BATISTA, 2012).

As respostas de conduta mais comuns ao estresse térmico são: a procura de sombra, permanecer em pé, ao invés de se deitar (a não ser que o chão esteja molhado), o aumento no consumo de água e a redução no consumo de alimento, já as respostas biológicas são:

produção de saliva em excesso, aumento da sudorese, aumento da temperatura retal, a vasodilatação periférica e o aumento na frequência respiratória, que é o primeiro sinal visível que evidencia uma situação de estresse térmico, embora seja o terceiro na sequência dos mecanismos de termorregulação (BRIDI, 2010; DANTAS *et al.*, 2012; DOMINGOS *et al.*, 2012).

Conforme Domingos *et al.* (2012) o primeiro mecanismo de dissipação de calor é a vasodilatação, o segundo, a sudação e o terceiro a frequência respiratória, onde o aumento ou a diminuição da frequência está na dependência da intensidade e da duração do estresse a que estão submetidos os animais, esse mecanismo fisiológico promove a perda de calor por meio evaporativo.

O corpo perde calor por meio de radiação e condução, que depende da existência de gradiente de temperatura entre o animal e o meio, da velocidade do vento e da umidade relativa do ar, e também pela evaporação da água pelas vias aéreas e pele, e excreção de fezes e urina, que depende da porcentagem de umidade relativa do ar (BRIDI, 2006; ROCHA, 2017).

3.1.5 Influência da ZCT e do estresse térmico sobre a produção de leite

De acordo com Ribeiro *et al.* (2018) a queda da produção de leite conforme o aumento de temperatura depende de fatores como a umidade relativa do ar, velocidade do vento, nutrição e outros fatores relacionados ao manejo. Segundo Azevêdo e Alves (2009) as alterações causadas pelo estresse térmico são no consumo de alimento e água, crescimento/desenvolvimento, produção de leite e reprodução, bem como afeta seu comportamento (atividades físicas, postura corporal, busca por sombra).

A maior influência do estresse pelo calor sobre a produção de leite é exercida via diminuição do consumo alimentar e consequentemente a redução da ingestão de energia metabolizável (DALCIN, 2013). É sabido que as vacas de maior produção são as mais susceptíveis ao estresse térmico por calor em razão da maior produção de calor decorrente da maior ingestão de alimentos para atender à elevada demanda de produção (AZEVEDO, ALVES, 2009). Estudos realizados por Pinarelli (2003) observou que o estresse calórico causa um decréscimo de 17% na produção de leite de vacas de 15 kg de leite/dia e de 22% em vacas de 40 kg de leite/dia.

Conforme Bridi (2010) bovinos submetidos a temperaturas acima da ZCT apresentam alterações nas atividades reprodutivas, tendo uma diminuição na taxa de concepção, redução

do período de cio (o que dificulta a sua detecção), alterações endócrinas (aumento dos níveis de progesterona e de corticoides e diminuição do estradiol), maior taxa de morte embrionária provocada pela diminuição do fluxo sanguíneo uterino que foi desviado para a periferia para troca calórica, diminuição no volume de ejaculado, a motilidade dos espermatozoides e aumenta o número de espermatozoides com formas anormais e diminuição da libido nos machos.

Altos níveis de temperaturas podem ser os causadores das altas taxas de mortalidade em bezerros, pois até a segunda semana de vida estes não possuem capacidade termorregulatória para suportar as condições ambientais, e também podem ser os responsáveis pela diminuição do crescimento/desenvolvimento dos animais (AZEVEDO e ALVES, 2009).

3.2 INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE

3.2.1 Plasticidade fenotípica

Tanto a genética como o ambiente determinam a expressão das características de importância econômica de bovinos de leite (PAULA *et al.*, 2009). Visto que as características economicamente importantes são influenciadas pelos efeitos genéticos (parentesco e endogamia, sistemas de acasalamento e genes deletérios), efeitos ambientais (umidade, temperatura, estações do ano, disponibilidade de alimento, entre outros) e pela ação conjunta destes dois efeitos, denominada interação genótipo ambiente.

As aptidões dos animais, tais como, fertilidade, sanidade, produção, entre outras, são procedentes de três fatores, as características genótípicas, fenotípicas e das condições ambientais em que os animais se encontram (WINDIG *et al.* 2011). De acordo com Moreira (2017) a falta de aclimação a algumas condições ambientais podem causar o efeito intitulado de interação genótipo ambiente, sendo devido à alteração da expressão do genótipo, quando o animal é disposto em condições ambientais distintas.

Conforme Justina *et al.* (2010) o fenótipo é o resultado da interação entre o genótipo e o ambiente e não podendo ser considerado uma representação exata do genótipo. Sendo assim, o fenótipo do animal pode ser descrito pela seguinte expressão (eq.1), de acordo com o ponto de vista do melhoramento genético.

$$P = G + E + G \times E \quad (1)$$

No qual: P é o fenótipo do animal;

G é o genótipo do animal;

E é o ambiente onde o animal se encontra;

GxE é a interação genótipo ambiente.

As características quantitativas de modo geral são influenciadas pelos efeitos ambientais por disporem de uma natureza poligênica, isto é, ocorre a atuação de vários pares de genes, na qual a mínima alteração no ambiente (exemplo: nutrição, manejo, temperatura, entre outros) pode causar alterações nas variâncias (genéticas, residuais e fenotípicas) da herdabilidade e do valor genético dos animais (MOREIRA, 2017; PEREIRA, 2008; EUCLIDES FILHO, 1999). Quando a interação genótipo ambiente não é devidamente detectada implica na predição viesada dos valores genéticos com consequente redução do progresso genético (CARDOSO, 2009).

Uma forma prática de identificar a existência da interação genótipo ambiente é quando as diferenças entre os genótipos e/ou os ambientes são grandes (Tabela 1), podendo-se expressar de formas e intensidades diferentes (CORRÊA *et al.*, 2007).

Tabela 1 – Situações possíveis de interação genótipo ambiente.

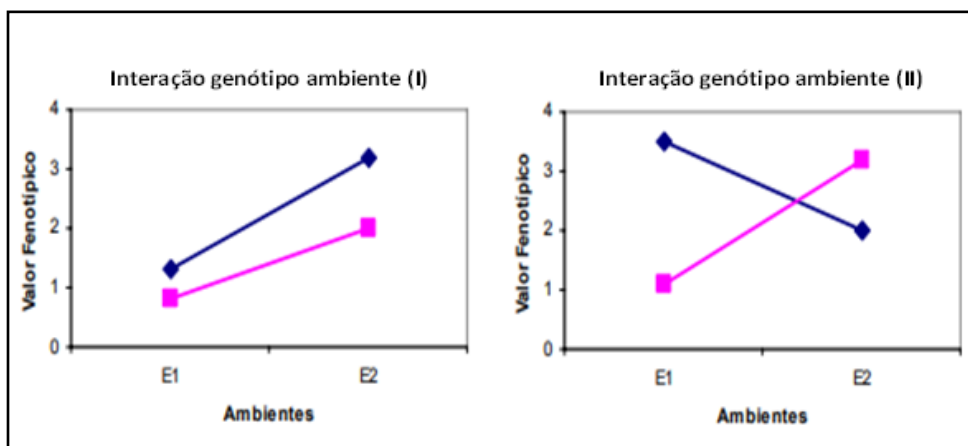
Situações	Diferenças entre genótipos	Diferenças entre ambientes	Comportamentos
Raças em diferentes áreas	Grande	Grande	Espera-se interação
Animais em diferentes áreas	Pequena	Grande	Interação pode ser importante
Raças em um mesmo rebanho	Grande	Pequena	Interação provavelmente baixa
Animais em um mesmo rebanho	Pequena	Pequena	Interação baixa

Fonte: Corrêa *et al.* (2007)

Conforme Corrêa *et al.* (2007) o melhoramento genético animal tem como uma questão básica a seleção de indivíduos em determinados ambientes para avaliar o progresso genético animal em outros tipos de ambientes, assim, estabeleceram a interação genótipo ambiente em dois pontos de vista, podendo ser: (I) alterações de ordem de classificação dos genótipos, de acordo com o desempenho de cada um em determinado ambiente ou (II)

alterações na magnitude das diferenças entre os desempenhos dos genótipos, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Interação genótipo- ambiente, (I) a ordem dos genótipos se mantém, mas a magnitude da diferença não, (II) o ordenamento dos genótipos é diferente conforme o ambiente.



Fonte: Adaptado de Corrêa *et al.* (2007)

Portando, os animais que são identificados como melhoradores em determinados ambientes não serão, necessariamente, os de melhores desempenhos quando forem transferidos para outros ambientes diferentes ou se seus descendentes forem criados em condições distintas nas quais forem selecionados (CARDOSO, 2009).

A plasticidade fenotípica aborda a habilidade dos organismos responderem a diferentes estímulos ambientais, desta forma, o genótipo tem a capacidade de produzir diferentes fenótipos conforme o ambiente em que o animal é posto, podendo alterar a fisiologia e/ou a morfologia, sem que ocorram mudanças genéticas.

Existem duas visões sobre a plasticidade fenotípica conforme de Jong (2005), na qual a primeira visão refere-se a plasticidade é uma característica quantitativa sujeita a seleção e evolução e uma propriedade do genótipo, já a segunda visão diz que a plasticidade fenotípica é um processo de desenvolvimento que facilita a evolução.

Segundo Rocha (2013) a influência do ambiente sobre a formação do fenótipo é simbolizada no conceito de plasticidade fenotípica e, gradualmente, através dele tem tido sua importância reconhecida para a teoria evolutiva. Já Pégolo (2005), diz que a seleção artificial pode ser utilizada para afetar a plasticidade fenotípica, através da seleção diretamente na

norma de reação, na característica em múltiplos ambientes, ou numa característica em um único ambiente com resposta correlacionada.

A variabilidade fenotípica expressada em diferentes ambientes indica a plasticidade do genótipo, no entanto, os que manifestam pouca variabilidade entre ambientes diversos são robustos, deste modo à plasticidade fenotípica está relacionada com a interação genótipo ambiente (CARDOSO, 2009).

Conforme Mattar *et al.* (2009) a plasticidade fenotípica tem bastante importância nos estudos de interação genótipo ambiente, pois ela proporciona a identificação de animais que são influenciados pelos ambientes de maneira positiva ou negativa. Porém os genótipos não vão determinar fenótipos específicos, já que os genes vão interagir com cadeias bioquímicas, celulares e teciduais, dependendo dos estímulos ambientais para que ocorram seus efeitos, assim revelando as normas de reação (LIMA e LANGARO, 2014).

Segundo De Jong (2005) a plasticidade fenotípica é um caráter quantitativo como qualquer outro e pode ser estudado através de normas de reação. Dessa forma, cada genótipo pode ter sua plasticidade fenotípica avaliada através de sua norma de reação: se um genótipo não apresenta plasticidade fenotípica em resposta a um determinado ambiente, sua norma de reação será paralela ao eixo de variação ambiental, representando um fenótipo fixo independente do ambiente; caso contrário, tendo qualquer curvatura ou inclinação da norma de reação, o genótipo apresenta alguma plasticidade fenotípica em resposta à variação ambiental (ROCHA, 2013).

3.2.2 Normas de reação

O estudo das diferenças na sensibilidade dos valores genéticos pode ser feito utilizando-se normas de reação. Que é conceitualmente definida como a mudança sistemática na expressão média de uma característica fenotípica que ocorre em resposta à mudança sistemática de uma variável ambiental (DE JONG, 1990; KOLMODIN e BIJMA, 2004). Logo, o fenótipo é expresso a partir de um genótipo em função do ambiente. (FELIPE, 2012).

De acordo com Windig *et al.* (2011) existem 2 classes de descritores ambientais: aqueles que descrevem o ambiente em escala contínua (por exemplo, produção média de leite do rebanho) e aqueles que descrevem o ambiente em escala discreta (por exemplo, sistemas de produção) na qual, a interação genótipo ambiente pode ser analisada com uma norma de reação para os descritores ambientais contínuos, já os descritores ambientais discretos são analisados com uma abordagem multi-característica, no entanto, ambos descritores

ambientais podem ocorrer simultaneamente, onde são utilizados para analisar a produção média do rebanho e o tamanho da propriedade.

Conforme Marcondes & Matos (2010) a sensibilidade do mesmo genótipo em diferentes ambientes pode ser quantificada pela regressão do genótipo em cada ambiente, em relação ao gradiente ambiental. Os modelos de regressão aleatória e suas funções de covariância resultantes são os mais apropriados para análises de dados longitudinais na área de melhoramento genético (CARDOSO, 2009). Portanto, a utilização dos modelos de regressão aleatória linear, é uma das formas eficientes para se estudar a mudança gradual ou contínua de cada genótipo em função do gradiente ambiental, isto é, a norma de reação do animal às variações gradativas do ambiente (AMBROSINI *et al.* 2016).

Kolmodin *et al.* (2002) propôs o modelo de norma de reação, que é implementado em duas etapas: 1) Utilizando um modelo sem considerar interação genótipo ambiente e 2) Utilizando uma covariável conhecida em um modelo de regressão aleatório linear para o valor genético do animal. Sendo que esse modelo tem a limitação de utilizar a estimativa de uma covariável desconhecida como se o valor estimado fosse o verdadeiro e sem considerar a incerteza na estimativa (CARDOSO, 2009).

4 METODOLOGIA

4.1 DADOS PRODUTIVOS

Para a realização do objetivo do estudo foi necessário à aquisição de dados de produção de leite diária, os dados das análises genéticas moleculares e os dados das variáveis climáticas do local, como: precipitação pluviométrica, temperatura média, máxima, mínima, umidade relativa do ar e a radiação solar.

Com o auxílio do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) – Estação Experimental de São Bento do Una foi possível à aquisição de 117.323 dados de produção de leite diário de 271 animais dos anos de 2008 até 2018. A pesquisa foi conduzida em São Bento do Una está situado no agreste pernambucano com a distância de 215 km da capital do estado de Pernambuco, o município tem o clima semiárido sendo caracterizado por longos períodos de estiagem, altos níveis de temperatura, chuvas irregulares e escassas e solo pobre em nutrientes.

Os dados referentes a produção de leite foram inicialmente tratados e, em seguida, avaliados de forma exploratória. O tratamento dos dados foi realizado através de um script desenvolvido em Python versão 3.4 para a correção de falhas presentes nos registros, tais como: falta de padronização em datas, valores e nos nomes que identificam os animais; erros de digitação recorrentes; falta de estrutura tabular para futuras análises; etc. Em seguida, após o tratamento necessário dos dados, foi realizada uma avaliação exploratória utilizando *RStudio* versão 3.5.2. Por meio da avaliação, foi possível observar que, devido à redução do quantitativo de animais com análise genética molecular a partir do ano de 2014, o conjunto de dados com maior completude para amostra está presente entre os dados de 2008 a 2014. Após o preparo, o banco de dados resultou em 73.629 observações da produção diária de leite de 187 animais.

4.2 DADOS CLIMÁTICOS

As informações da precipitação pluviométrica diária dos anos de 2008 até 2014 foram obtidas no site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Os dados de radiação solar, umidade relativa do ar, temperatura média, máxima e mínima, referentes aos anos de 2008 até meados de 2012, foram adquiridos do Sistema Integrado de Dados (SINDA) do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), pois houve um problema na estação meteorológica que coletava os dados, assim, os dados referentes ao clima do final do ano de 2012 até 2014 foram recebidos do IPA Estação Experimental de São Bento do Una (PE).

As variáveis de temperatura média diária, radiação solar diária e umidade relativa do ar diária foram obtidas pela média de todas as avaliações diárias, a temperatura máxima diária foi adquirida observando a temperatura máxima de todas as avaliações do dia, a temperatura mínima diária foi conquistada observando a temperatura mínima de todas as avaliações de temperatura mínima do dia e a precipitação pluviométrica foi utilizada da forma que colhida da APAC. Os dados de radiação solar também foram padronizados de acordo com a unidade de medida de W/m^2 . Todas as variáveis climáticas foram padronizados utilizando Microsoft Excel 2010, para um formato que seria mais adequado para a união dos bancos de dados operando a interface do *RStudio* versão 3.5.2.

4.3 DADOS DE GENÉTICA MOLECULAR

As análises de genética molecular foram obtidas do trabalho de dissertação de mestrado de Maria das Dores Silva Araújo, intitulada de “Diversidade genética e associação do gene do choque térmico (HSP-70) ao desempenho produtivo em vacas leiteiras no semiárido” (ARAÚJO, 2015).

4.4 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE

O estudo foi realizado com base em ITU, pois indicam melhor a qualidade do conforto térmico dos animais do que as variáveis climáticas sozinhas.

Segundo Ferreira *et al.* (2017) o uso do ITU foi indicado para vacas Holandesas em regiões de clima temperado. Para determinar os valores do índice foi utilizado a equação 2 proposta por Buffington *et al.* (1982) citado por Da Silva *et al.* (2006):

$$ITU = 0,8 Ta + UR (Ta - 14,3)/100 + 46,3 \quad (2)$$

Onde: ITU é o índice de temperatura e umidade

Ta é a temperatura média do ar (°C)

UR é a umidade relativa média do ar (%)

Para analisar o ITU foi aplicado a classificação proposta por Rosenberg *et al.* (1983) citado por Grassman *et al.* (2017) e Da Silva *et al.* (2006) que foi considerado valores, entre 75 e 78 como alerta aos produtores (são necessárias providências para evitar perdas); o índice na amplitude de 79 a 83 indicando perigo (principalmente para os rebanhos confinados e medidas de segurança devem ser empreendidas para evitar perdas desastrosas); e igual ou superior a 84 caracteriza emergência (providências urgentes devem ser tomadas).

Após os exames foram observados dados com baixa qualidade e assim feita uma eliminação nos dados com genótipos com menos de 1.000 observações, dados de produção de leite que tinham ITU acima de 100 e dados faltando para produção de leite e ITU.

Com a aquisição e correção dos dados referentes a produção de leite, variáveis climáticas, polimorfismos do gene HSP-70 e o ITU foi criado um banco de dados único com 24.196 observações de seis polimorfismos. As análises descritivas, correlação, variância e regressão, realizadas com as informações presentes no banco de dados, foram executadas com o auxílio do software SAS versão 9.4.

4.5 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

De um total de 24.196 observações, foi calculado a média, o máximo, o mínimo e o desvio padrão da produção de leite de cada polimorfismo do gene HSP-70.

4.6 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Segundo Mukaka (2012) a correlação é um método estatístico usado para avaliar uma possível linearidade entre duas variáveis contínuas, no qual um coeficiente de correlação zero indica que não existe relação linear entre duas variáveis contínuas e um coeficiente de correlação -1 ou +1 indica uma perfeita relação linear. A força do relacionamento pode estar em qualquer lugar entre -1 e +1. Quanto mais forte a correlação mais próximo o coeficiente de correlação chega de ± 1 .

De acordo com Silvia e Shikamura (2006) podemos descrever uma correlação em cinco categorias (Figura 3).

Figura 3. Descrição da correlação em palavras dado o valor numérico

Valor de ρ (+ ou -)	Interpretação
0.00 a 0.19	Uma correlação bem fraca
0.20 a 0.39	Uma correlação fraca
0.40 a 0.69	Uma correlação moderada
0.70 a 0.89	Uma correlação forte
0.90 a 1.00	Uma correlação muito forte

Fonte: Silvia e Shikamura (2006)

4.7 ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)

Para desenvolvimento da análise de variância foi utilizado um modelo univariado (eq.3), sendo:

$$PL_{total/Dia_{ij}} = \mu + Genótipo_j + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

Onde: $PL_{total/Dia_{ij}}$ é a variável resposta ou dependente;

μ média geral dos dados;

$Genótipo_j$ é a variável independente (os polimorfismos: D, E, F, G, H e I);

ε_{ij} erro aleatório.

Com a finalidade de comparar perfis médios produtivos dos genótipos em três situações: geral, sem estresse ($ITU \leq 74$) e com estresse ($ITU \geq 75$).

4.8 ANÁLISE DE REGRESSÃO

Para o seguimento, a análise de regressão foi executada um modelo linear simples representado pela equação 4.

$$PL_{total/Dia_{ij}} = \beta_0 + \beta_1 ITU_i + \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

Onde: $PL_{total/Dia_{ij}}$ é a variável resposta ou dependente;

β_0 é o intercepto;

β_1 coeficiente de regressão para a variável de ITU_i ;

ITU_i é o valor da variável independente;

ε_{ij} erro aleatório.

Com intuito de observar o declínio na produção de leite dos genótipos em três situações: geral, sem estresse ($ITU \leq 74$) e com estresse ($ITU \geq 75$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Foram observados seis padrões de polimorfismo e suas estatísticas descritivas para produção de leite que estão sumarizadas na Tabela 2. Com os resultados obtidos pode verificar que os animais com o padrão genético G tiveram uma maior média produtiva, com o máximo de 41,60 litros de leite produzido diariamente. O polimorfismo que expressou menor desempenho foi o F, com a média de 18,85 litros de leite por dia e tendo um máximo de 36,00 litros de leite por dia.

Tabela 2. Estatísticas descritivas para produção de leite em bovinos Holandês, segundo o polimorfismo do gene HSP-70.

Estatística	Polimorfismos					
	D	E	F	G	H	I
Mínimo	5,00	4,00	5,80	4,70	5,00	3,00
Média	20,80	20,34	18,85	22,85	19,72	19,20
Máximo	41,00	41,00	36,00	41,60	33,40	40,00
Des. Padrão	6,15	6,42	5,81	6,75	5,50	7,24

5.2 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)

A frequência dos valores de classificação de ITU avaliados está representada na Tabela 3, onde foi observado que a maior percentagem (58,95%) encontra-se em estado de conforto/sem estresse, sendo um bom indicativo de que os animais não tiveram redução na sua produção. Os valores de ITU se encontraram entre 41,07 e 98,02 com média de 73,98 (Tabela 4).

Um trabalho realizado no município de Rio do Sul em Santa Catarina, afirma que a utilização do ITU para identificar o estresse térmico em vacas da raça Holandesa é factível, onde observaram os valores de ITU entre 64 e 74, com média de 71, mostrando que as vacas encontravam-se dentro da faixa de conforto térmico (GRASSMAN *et al* 2017).

Segunda a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) (2018) o período chuvoso na região do Agreste compreende os meses de abril a julho, enquanto os meses de setembro a janeiro são considerados o período seco. Na Tabela 4 pode ser verificado que os meses com a menor ITU estão situados no período chuvoso e no início do período seco

(momento de transição climática) e os maiores valores de ITU encontrasse no período seco e no início do período chuvoso (momento de transição climática).

Tabela 3. Classificação de ITU.

Classificação	Quantidade de observações em %
Conforto/sem estresse	58,95
Alerta	31,18
Perigo	4,17
Emergência	5,69

Tabela 4. Estatística descritiva por mês do ITU.

Mês	Média	Des. Padrão	Mínimo	Máximo
Jan.	75,29	3,13	60,58	80,68
Fev.	75,80	1,37	72,00	82,66
Mar.	76,48	2,46	65,22	80,33
Abr.	76,21	3,84	71,28	96,22
Mai.	73,06	3,82	45,52	95,00
Jun.	72,42	5,07	63,70	96,81
Jul.	71,50	6,03	63,72	95,53
Ago.	70,91	6,75	46,40	89,30
Set.	70,88	4,51	43,24	91,82
Out.	74,51	6,49	41,07	98,02
Nov.	76,42	5,71	49,68	91,81
Dez.	76,83	4,58	56,94	92,63

5.3 CORRELAÇÃO

O estudo da correlação entre a produção de leite geral e o índice de temperatura e umidade, temperatura média, umidade relativa e radiação solar foram descritos na Tabela 5 e a correlação entre os polimorfismos do gene HSP-70 com as variáveis ambientais foram descritos na Tabela 6.

Foi possível identificar que todas as correlações de modo geral são fracas ou bem fracas, tendo, a temperatura média e o ITU uma correlação negativa e a umidade relativa e radiação solar uma correlação positiva (Tabela 5). Independente do padrão genético, como destacado na Tabela 6, a correlação com o ITU foi fraca ou bem fraca no sentido negativo, expressando uma relação inversa entre a produção de leite e o ITU. A correlação entre a produção e a temperatura média só foi positiva com o polimorfismo G podendo ser interpretada de forma errônea, pois acredita-se que os altos níveis de temperatura é um dos maiores influenciadores negativos na produção de vacas leiteiras, já que a sua ZCT situa-se em média entre 4 °C a 21 °C em clima temperado (BRIDI, 2010).

Tabela 5. Valores de correlação da produção média de leite entre as variáveis climáticas.

Variáveis climáticas	Produção média de leite
Temp.média	-0,090*
Umid. Relativa	0,008*
Rad. solar	0,001**
ITU	-0,091*

** 1%, * 5%.

Tabela 6. Valores de correlação dos polimorfismos do gene HSP-70 entre as variáveis climáticas.

Variáveis climáticas	Polimorfismos					
	D	E	F	G	H	I
Temp.média	-0,1251*	-0,186*	-0,051**	0,014**	-0,079*	-0,061**
Umid. Relativa	0,049*	-0,032**	-0,041**	-0,130*	0,073**	0,067*
Rad. solar	0,004**	-0,041**	0,044**	-0,059*	-0,021**	0,100*
ITU	-0,1187*	-0,201*	-0,061**	-0,022**	-0,061**	-0,044**

** 1%, * 5%.

5.3 ANOVA

A análise de variância geral por genótipo demonstrou a significância dos efeitos sobre a variável produção de leite geral, sem e com condições de estresse (Tabela 7), e foram

observadas as diferenças de produção em função dos padrões genéticos gerais, sem e com condições de estresse (Tabela 8).

Tabela 7. Análise de variância de modo geral, sem estresse e com estresse.

Produção de leite/vaca/dia			
	F calculado	R²	P
Geral	152,73	0,0306	<0,0001
Sem estresse	72,80	0,0248	<0,0001
Com estresse	97,03	0,0466	<0,0001

Tabela 8. Produção média (l/dia) para os polimorfismos do gene HSP-70 em rebanho leiteiro, em três situações: geral, sem estresse (ITU ≤ 74) e com estresse (ITU ≥ 75).

Produção de leite/vaca/dia		
Análise	Polimorfismos	Média produtiva (l/dia)
Geral	G	22,85 ^a
	D	20,80 ^b
	E	20,34 ^c
	H	19,72 ^d
	I	19,20 ^e
	F	18,85 ^f
Sem estresse	G	22,85 ^a
	D	21,21 ^b
	E	21,02 ^b
	H	20,00 ^c
	I	19,53 ^d
	F	18,87 ^e
Com estresse	G	22,84 ^a
	D	20,21 ^b
	E	19,37 ^c
	H	19,14 ^{cd}
	F	18,84 ^{cd}
	I	18,63 ^d

Médias com a mesma letra não são significativamente diferentes, pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Com uma visão geral (Tabela 8) verificou-se que nenhum dos polimorfismos são significativamente iguais. Foi observada uma produção média de leite por vaca de 20,70 litros por dia, onde o polimorfismo G do gene HSP-70 teve uma produção média de leite superior aos demais padrões. Tais resultados diferem daqueles encontrados por Araújo (2015), onde o padrão genético A no rebanho Holandês teve a maior média de produção. Os polimorfismos que foram avaliados nos dois trabalhos foram o D e E, no qual se observou um aumento na produção média de 11 e 17% respectivamente, em comparação ao trabalho realizado por Araújo (2015).

Como apresentado na Tabela 8, o polimorfismo G, sem condições de estresse térmico, obteve maiores médias produtivas que os demais, sendo significativamente diferente. Além disso, também foi perceptível a significância entre os padrões D e E, sendo a segunda e terceira maiores médias, respectivamente.

Na Tabela 8 pode averiguar que os padrões H, I e F, expressaram as menores médias de produção de leite, nas situações geral e sem estresse, respectivamente.

Em condições de estresse (Tabela 8) certifica-se que os padrões G e D alcançaram as maiores médias produtivas de leite de 22,84 e 20,21 respectivamente, sendo diferentes estatisticamente entre eles e dos demais. Além disso, o polimorfismo H manteve constante na ordenação das médias produtivas de leite nas três situações: geral, sem estresse e com estresse térmico. Os polimorfismos F e I demonstraram uma média inferior aos demais, nas situações geral e sem estresse o padrão I teve uma sublime melhora que o F, porém, em condições de estresse o genótipo F alcançou uma média de produção melhor que o I.

5.4 ANÁLISE DE REGRESSÃO

As análises de regressão tiveram baixos valores do coeficiente de determinação, pela razão dos dados serem inconsistentes.

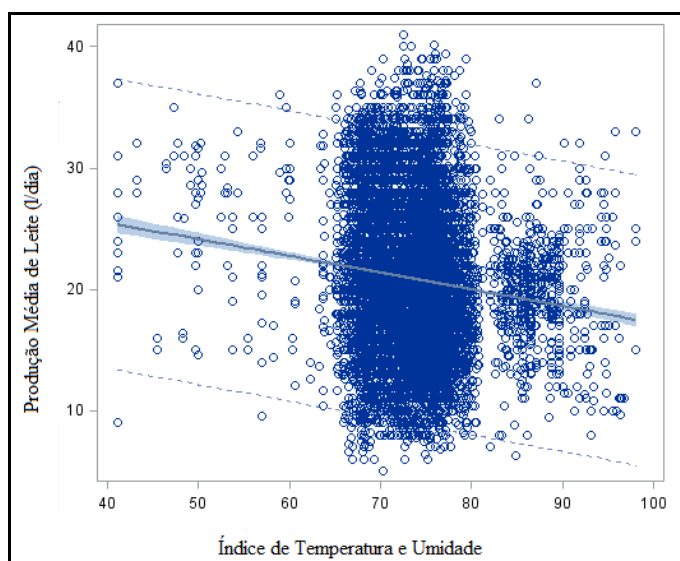
Na Tabela 9 são descritos os resultados da análise de regressão por polimorfismo, no qual temos independente do polimorfismo a ocorrência de uma diminuição na produção de leite conforme o valor de ITU for aumentando, em concordância, a análise de correlação descrita na Tabela 6. Na Figura 4 confirma que o ITU a partir do valor de 75 (alerta ao produtor) começa a ter um declínio na produção. De acordo com a análise geral da Tabela 9 pode ser percebido que o padrão genético G vai ser o menos influenciado pelo ambiente, apresentando menores declínios na produção de leite, e que o padrão E vai ser o mais influenciado, tendo uma maior diminuição na produção, conforme a elevação da medida do ITU, corroborando a análise de correlação, em que foi descrita na Tabela 6.

Tabela 9. Declínio na produção de leite dos genótipos em três situações: geral, sem estresse ($ITU \leq 74$) e com estresse ($ITU \geq 75$).

Declínio na produção de leite						
Análise	Polimorfismo	F calculado	β_0	β_1	R^2	P
Geral	D	155,82	31,01	-0,138	0,0141	<0,0001
	E	157,36	38,41	-0,243	0,0405	<0,0001
	F	5,63	23,76	-0,065	0,0038	0,0177
	G	1,91	24,81	-0,026	0,0005	0,1675
	H	6,58	25,19	-0,074	0,0038	0,0104
	I	4,85	23,48	-0,058	0,0020	0,0277
Sem estresse	D	69,01	34,69	-0,190	0,0107	<0,0001
	E	4,68	27,95	-0,097	0,0405	0,0307
	F	0,03	19,73	-0,012	0,0000	0,8682
	G	71581	-0,80	0,333	0,0318	<0,0001
	H	0,30	22,06	-0,029	0,0003	0,5811
	I	0,12	18,37	0,016	0,0001	0,7261
Com estresse	D	21,02	27,61	-0,094	0,0047	<0,0001
	E	151,53	51,34	-0,406	0,0900	<0,0001
	F	16,96	34,34	-0,196	0,0229	<0,0001
	G	140,62	53,88	-0,393	0,0757	<0,0001
	H	0,10	20,73	-0,020	0,0002	0,7479
	I	0,90	22,58	-0,050	0,0010	0,3431

O desempenho dos polimorfismos sem condição de estresse térmico (Tabela 9) se espera que não ocorra declínio produtivo, já que o animal vai estar em conforto/sem estresse, porém podemos examinar que de acordo com a análise, os polimorfismos G e I são os únicos que não tem um declive produtivo, já, o padrão D foi o polimorfismo com maior perda na produção de leite. Ao observar a Figura 4, podemos confirmar que o polimorfismo D tem uma maior concentração de observações a partir do valor de 74 até 80, sendo um indicativo de que o padrão genético D tem uma melhor tolerância ao estresse térmico.

Figura 4. Distribuição da produção de leite do polimorfismo D do gene HSP-70, conforme os valores de ITU.



Fonte: Arquivo pessoal.

Ao analisar separadamente os polimorfismos em condições de estresse térmico (Tabela 9), o polimorfismo G que vinha se destacando por ser o menos influenciado pelo ambiente, apresentando os menores declínios produtivos sobre estresse térmico, foi o segundo com maior diminuição produtiva, ficando atrás só do padrão genético E.

Com os resultados descritos na Tabela 9 verificou-se que o padrão genético H foi o que teve uma menor diminuição na produção nas duas situações (sem estresse e com estresse), indicando ter a menor interação com o ambiente, mas ao examinar os dados da Tabela 8 percebe-se uma produtividade intermédia ao compararmos com os demais.

Ao relacionar o declínio na produção de leite dos padrões genéticos sobre diferentes condições climáticas (Tabela 9) e as suas médias de produção (Tabela 8), nota-se que o genótipo G, apesar de ter um dos maiores declive em condições de estresse (Tabela 9) a sua média produtiva (Tabela 8) foi superior aos demais polimorfismos.

Já o padrão genético D apresentou um maior declínio na produção (-0,190) durante o período sem estresse térmico comparado ao período com estresse térmico (-0,094), porém a sua média produtiva foi maior no período sem estresse que no período com estresse sendo, o segundo melhor desempenho nas duas condições.

Segundo os dados descritos na Tabela 9 o polimorfismo E foi o mais influenciado negativamente pelo ambiente e ao analisar a Tabela 8 pode-se confirmar que em condições de estresse a média produtiva perde aproximadamente 1,65 litros de leite/dia.

Ao analisar a Tabela 8 o polimorfismo F apresenta uma pequena diminuição na produção média de leite, independentemente de ter sido um dos mais influenciados negativamente pelo ambiente (Tabela 9), porém a sua produtividade média é uma das mais inferiores ao se comparar com os outros (Tabela 8).

O padrão genético I, além de ser um dos de menores desempenhos produtivo (Tabela 8), foi um dos menos influenciados pelo estresse climático (Tabela 9), mesmo assim foi um dos três que tiveram maior baixa na média de produção no estresse térmico (Tabela 8)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível através da pesquisa confirmar a plasticidade fenotípica para produção de leite no rebanho Holandês, avaliando-se o gene HSP-70. Por conseguinte, foi confirmada a influência das diferentes composições genotípicas dos animais para o gene HSP-70, ao se observar a interação genótipo ambiente diferentes respostas dos seus polimorfismos, em diferentes condições térmicas.

Dado o exposto, o polimorfismo G foi o de maior média produtiva e de menor perda na produtividade média em condições de estresse térmico, podendo ser utilizado como base para o melhoramento dos animais para região tropical.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, H. C. F. et al. **EFEITOS DA ESTAÇÃO DO ANO NA PRODUÇÃO DE VACAS HOLANDESA**. 2018. Disponível em: <http://www.adaltech.com.br/anais/zootecnia2018/resumos/trab-1767.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2019.
- AZEVEDO, D. M. M. R. A.; ALVES, A. A.. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.
- BERTONCELLI, P. et al. Conforto térmico alterando a produção leiteira. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 762-777, 2013.
- BRAZ, J. R. C.. Fisiologia da termorregulação normal. **Revista Neurociências**, São Paulo v. 13, p. 12-17, 2005.
- BRIDI, A. M. **Efeitos do ambiente tropical sobre a produção animal**. 2010. Disponível em: http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/EfeitosdoAmbienteTropicalsobreProducaoAnimal.pdf. Acesso em 18 nov. 2019.
- BRIDI, A. M. Instalações e ambiência em produção animal. **2º CURSO SOBRE**, 2006. Disponível em: http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/InstalacoeseAmbienciaemProducaoAnimal.pdf. Acesso em 18 de nov. de 2019.
- CARDOSO, L. L.. **Modelos de normas de reação para estudo da interação genótipo x ambiente**. 2009. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/17687>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- CASTANHEIRA, M. et al. **Análise multivariada de características que Influenciam a tolerância ao calor em equinos, Ovinos e bovinos**. 2009. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/1095>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- CFMV. Conselho Federal Medicina Federal, 2017. Página. Disponível em: <http://portal.cfmv.gov.br/pagina/index/id/150/secao/9>. Acesso em 18 nov. 2019.
- CORREA, M. et al. Efeito da interação genótipo-ambiente na avaliação genética de Bovinos de corte. **Current Agricultural Science and Technology**, Rio Grande do Sul, v. 13, n. 2, 2007.
- DA SILVA, T. G. F. et al. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no Estado de Pernambuco. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4., 2006, Ribeirão Preto. Mudanças climáticas: impacto sobre homens, plantas e animais: anais. Ribeirão Preto: Instituto de Zootecnia, 2006.
- DALCIN, V. C. Parâmetros fisiológicos em bovinos leiteiros submetidos ao estresse térmico. 2013. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/89729>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- DANTAS, M. R. T., et al. Termorregulação de bovinos em ambiente tropical: uma abordagem com ênfase nas respostas fisiológicas. **PUBVET**, Paraná, v. 6, p. Art. 1301-1306, 2012.
- DE JONG, G. Genotype-by-environment interaction and the genetic covariance between environments: multilocus genetics. **Genetica**, v. 81, n. 3, p. 171-177, 1990.
- DE JONG, Gerdien. Evolution of phenotypic plasticity: patterns of plasticity and the emergence of ecotypes. **New Phytologist**, v. 166, n. 1, p. 101-118, 2005.
- DE LIMA, Dinorah Machado Vaz; LANGARO, Ana Paula. PLASTICIDADE FENOTÍPICA: REVISÃO DE CONCEITOS, METODOLOGIAS MAIS UTILIZADAS E APLICAÇÕES. **ANAIS DO ENIC**, n. 6, 2014.
- DE SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L.. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 3, p. 06-10, 2012.
- DOMINGOS, H.G.T. et al. Influência do sombreamento e aspersão de água sobre a produção de leite e respostas fisiológicas de vacas leiteiras. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 9, Ed. 196, Art. 1318, 2012.

- EUCLIDES FILHO, K. Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância. Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTECA-E), 1999.
- FERREIRA, Isabel Cristina *et al.* Conforto Térmico em Bovinos Leiteiros a Pasto. **Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E)**, 2017.
- GRASSMAN, C. *et al.* Avaliação do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras da raça holandesa em Rio do Sul, SC. 2017. Disponível em: <http://eventos.ifc.edu.br/micti/wp-content/uploads/sites/5/2014/09/CAZ-38.pdf>. Acesso em: 10 dez 2019.
- GUEDES, R. V. d. S. *et al.* APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima) – Boletim do Clima- Síntese Climática. Recife, v.6, n. 9, 2018.
- IBGE, Produção da Pecuária Municipal 2018; Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/pesquisa/18/16459?indicador=16560&ano=2018>. Acesso em 17 nov. 2019.
- IBGE. Agência IBGE Notícias, 2019. Sala de imprensa. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25482-ppm-2018-rebanho-bovino-diminui-e-productividade-nacional-de-leite-ultrapassa-2-mil-litros-por-animal-ao-ano>. Acesso em 17 nov. 2019.
- IPA. Relatório Integrado Exercício 2018. 2018. Disponível em: <http://www.ipa.br/novo/pdf/transparencia/relatorio-integrado.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2019.
- JÚNIOR, A. A. M.; JUNG, C. F.. Produção leiteira no Brasil e características da bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul. **Ágora**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 34-47, 2017.
- JUSTINA, L. A. D. *et al.* A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 55-71, 2010.
- KOLMODIN, R.; BIJMA, P.. Response to mass selection when the genotype by environment interaction is modelled as a linear reaction norm. **Genetics Selection Evolution**, v. 36, n. 4, p. 435, 2004.
- MATTAR, M. *et al.* Plasticidade fenotípica e heterogeneidade de variâncias para o peso ao sobreano de bovinos Canchim via normas de reação. In: Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. Anais... Maringá: SBZ: UEM, 2009., 2009.
- MOREIRA, R. P. *et al.* Estudo Da Interação Genótipo X Ambiente Sobre Características Produtivas Na Raça Holandesa Em Diferentes Regiões Do Paraná. 2017.
- MUKAKA, M. M. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.
- NETO, CNH. Conforto térmico aplicado ao bem-estar animal. **Trabalho de conclusão de curso**, 2014.
- OLSON T.A. *et al.* Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in Bos taurus cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v.81, p80-90, 2003.
- PAULA, M. C. *et al.* Interação genótipo× ambiente para produção de leite de bovinos da raça Holandesa entre bacias leiteiras no estado do Paraná. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. 3, p. 467-473, 2009.
- PÉGOLO, Newton Tamassia. Interação genótipo-ambiente e sensibilidade ambiental em características de crescimento em bovinos de corte. 2005.
- PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte, 2008.

- PINARELLI, C. The effect of heat stress on milk yield. **Latte**, Milan, v. 28, n. 12, p. 36-38, 2003.
- RIBEIRO, V. S. *et al.* IMPORTÂNCIA DA AMBIÊNCIA PARA O DESEMPENHO PRODUTIVO E REPRODUTIVO DE VACAS LEITEIRAS. **Saber Digital**, v. 11, n. 1, p. 67-76, 2018.
- ROCHA, F. B, *et al.* Plasticidade fenotípica em *Drosophila mediopunctata*: não- linearidade e correlações com valor médio. 2013.
- ROCHA, N.C.; MORAES, I.A. Termorregulação nos animais. Homepage da Disciplina Fisiologia Veterinária da UFF. 2017.
- SOUZA, B. B. Adaptabilidade e bem-estar em animais de produção. 2015. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Adaptabilidade/. Acesso em 18 nov. 2019.
- TOMBINI, H. *et al.* CONSUMO DE LEITE DE VACA E DERIVADOS ENTRE AGRICULTORES DA REGIÃO OESTE DO PARANÁ Consumption of cow's milk and derivatives among farmers of western Paraná. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v. 23, n. 2, p. 267-274, 2012.
- VILELA, D. A importância econômica, social e nutricional do leite. **Revista Batavo**, v. 111, 2001.
- WINDIG, J. J. *et al.* Simultaneous estimation of genotype by environment interaction accounting for discrete and continuous environmental descriptors in Irish dairy cattle. *Journal of dairy science*, v. 94, n. 6, p. 3137-3147, 2011.