



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Anderson Breno Souza

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E DO
AMBIENTE TÉRMICO AMBIENTE NAS ÁREAS DE
SELEÇÃO DE PACKING HOUSES DE UVA DE MESA**

JUAZEIRO – BA
2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Anderson Breno Souza

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E DO
AMBIENTE TÉRMICO NAS ÁREAS DE SELEÇÃO DE
PACKING HOUSES DE UVA DE MESA**

Trabalho apresentado ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Prof. Orientadora: Silvia Helena Nogueira Turco

Prof. Co-orientador: José de Catro Silva

JUAZEIRO – BA
2017

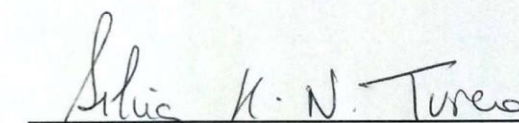
UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

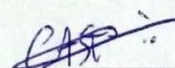
Anderson Breno Souza

**“ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E DO
AMBIENTE TÉRMICO NAS ÁREAS DE SELEÇÃO DE PACKING
HOUSES DE UVA DE MESA”**

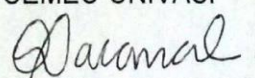
Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Strito Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.



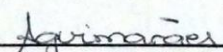
Sílvia Helena Nogueira Turco, Profa. DSc.
UNIVASF-CPGEA



José de Castro Silva, Prof. DSc.
CEMEC-UNIVASF



Cristiane Dacanal, Profa. DSc.
UNIVASF-CPGEA



Maria Angélica Guimarães Barbosa, DSc.
Embrapa Semiárido

Juazeiro-BA, 07 de Agosto de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me concedido a vida, ter me permitido vivenciar todos os momentos que construíram o que sou e são base de minhas conquistas.

Aos meus pais, Sara e Genaldo, e meu irmão, Alisson, que foram o alicerce de minha caminhada, sempre com muito amor, paciência e confiança em minha capacidade de vencer os obstáculos da vida.

À minha orientadora, Prof. Dr^a. Sílvia Helena Nogueira Turco, por ter confiado em mim do princípio ao fim, por todo conhecimento desprendido, por toda compreensão, por todos os conselhos e todas as angústias que dividimos nessa caminhada. Um exemplo de dedicação e profissional!

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. José de Castro Silva, que acompanha minha jornada desde a graduação, é um amigo, um exemplo no qual me admiro e me espelho.

Ao Prof. Dr. Mário Miranda e ao técnico do Laboratório de Meteorologia da UNIVASF Manoel, por toda colaboração tanto intelectual quanto material para que todo experimento ocorresse.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

À Miguel, Murilo e Isadora, que muito me ajudaram para que fosse possível a montagem do experimento, dividiram as angústias e foram determinantes para tornar este trabalho possível.

À colega Indira pela imprescindível ajuda no momento final.

Aos meus colegas de mestrado, Júnior, Ebert, Hérica, e os demais, que dividiram comigo essa jornada, foram amigos, conselheiros e muito me apoiaram.

À Carol, secretária do CPGEA, pela sua ajuda, pela torcida e por todo apoio.

Aos demais amigos, colegas de trabalho, colegas de graduação e pessoas próximas, que contribuíram de alguma forma para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À GVS e todos seus funcionários que concederam seu espaço para desenvolvimento do estudo e foram muito além de parceiros nesse projeto.

À UFOB pelos afastamentos concedidos, quando necessário.

Muito obrigado!

SOUZA, Anderson Breno. **ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E DO AMBIENTE TÉRMICO NAS ÁREAS DE SELEÇÃO DE PACKING HOUSES DE UVA DE MESA**. 2017. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2017.

RESUMO

O desenvolvimento tecnológico dos últimos anos é responsável direto pelo aumento da competitividade entre as empresas produtivas. Neste cenário, tornou-se necessário o controle mais eficiente da produção com o intuito de elevar a qualidade e potencializar os lucros com a redução dos custos produtivos. O cultivo de uvas de mesa no Submédio do Vale do São Francisco está inserido nesta realidade mercadológica, destacando-se as *packing houses*. Nas *packing houses* são realizados os processos de recepção, seleção, pesagem, embalagem, pré-resfriamento e resfriamento da fruta, sendo, desta forma, necessário manter seu ambiente em boas condições climáticas que garantam a qualidade da fruta e o conforto térmico dos seus inúmeros trabalhadores, em simultaneidade a um consumo mais eficiente de energia elétrica. Nesta perspectiva, o presente estudo teve por finalidade avaliar a área de seleção de duas *packing houses* de uvas de mesa situadas no Submédio do Vale do São Francisco, uma com climatização e maior grau de tecnificação e outra com processos realizados manualmente e sem a climatização, com o intuito de mensurar a qualidade térmica e a eficiência do consumo de energia elétrica dessas instalações. Obteve-se na *packing house* climatizada, menores valores de temperatura e valores mais elevados de umidade relativa do ar que os encontrados na *packing house* não climatizada, evidenciando um ambiente mais favorável para a conservação da fruta e melhores condições climáticas para conforto térmico humano. Além disso, foi possível determinar que: o maior consumo de energia elétrica não elevou consigo a produtividade das *packing houses*; a produtividade média dos trabalhadores não sofreu alteração com a climatização do ambiente; o custo com energia elétrica devido a refrigeração da área de seleção da *packing house* climatizada foi de R\$0,01604 por quilograma de uva embalada.

Palavras-chave: Fruticultura, Instalações agrícolas, Conforto térmico

SOUZA, Anderson Breno. **EFFICIENCY OF ENERGY CONSUMPTION AND THERMAL QUALITY OF THE ENVIRONMENT IN THE AREAS OF SELECTION OF PACKING HOUSES OF TABLE GRAPE**. Master's Dissertation - College of Agricultural and Environmental Engineering, Federal University of São Francisco Valley, in 2015.

ABSTRACT

The technological development of recent years is directly responsible for increasing competitiveness among productive enterprises. In this scenario, a more efficient control of production has become necessary in order to raise its quality and boost profits due with the reduction of production costs. The cultivation of table grapes in the Submedium São Francisco Valley is inserted in this market reality, emphasizing the packing houses. In packing houses the processes of reception, selection, weighing, packaging, pre-cooling and cooling of the fruit are developed, therefore, being necessary to maintain their environment in good climatic conditions that guarantee the quality of the fruit and the thermal comfort of its numerous workers, in parallel to a more efficient consumption of electricity. In this perspective, the present study had the purpose of evaluating the selection area of two table grapes packing houses located in the Submedium São Francisco Valley, one with climatization and a greater degree of technification and another with processes performed manually and without climatization, with the purpose of measuring the thermal quality and the efficiency of the electric energy consumption of these facilities. Lower values of temperature and higher values of relative humidity were obtained in the packing house with climatization comparing with the one without climatization, evidencing a more favorable environment for fruit conservation and better climatic conditions for human thermal comfort. In addition, it was possible to determine that: the increase in electricity consumption did not increase the productivity of packing houses; The average productivity of the workers did not change with the climatization of the environment; The cost with electric power due to cooling of the selection area of the packing house with climatization was R\$ 0.01604 per kilogram of packed grape.

Keywords: Fruticulture, Agricultural facilities, Thermal comfort, *Packing houses*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Beneficiamento na packing house.	166
Figura 2. Carta de conforto ASHRAE.....	23
Figura 3. Parâmetros do variograma.....	28
Figura 4. Consumo de energia elétrica ativa na área de seleção das packing houses: (A) Consumo para a packing house de menor porte (packing house 1) por dia, (B) Consumo para a packing house de maior porte (packing house 2) por dia..	39
Figura 5. Consumo de energia elétrica ativa na área de seleção das packing houses: (A) Consumo para a packing house 1 em função da sua produção diária, (B) Consumo para a packing house 2 em função da produção diária.....	40
Figura 6. Consumo de energia elétrica do equipamento de controle climático da packing house 2 em função da produção diária.	42
Figura 7. Produtividade média diária (Kg de fruto) do trabalhador da área de seleção das packing houses.....	43
Figura 8. Média das temperaturas ambientes (°C) em função do tempo (horário)....	54
Figura 9. Média das umidades relativas dos ambientes (%) em função do tempo (horário).....	56
Figura 10. Valores médios de ITU das Packing Houses em função do tempo (horário).....	58
Figura 11. Valores médios de Entalpia (KJ/kg) das Packing Houses em função do tempo (horário).....	59
Figura 12. Krigagem da temperatura ambiente e da umidade relativa da packing house 1: (A) temperatura ambiente às 09h, (B) temperatura ambiente às 12h, (C) temperatura ambiente às 15h, (D) umidade relativa às 09h, (E) umidade relativa às 12h, (F) umidade relativa às 15h.....	64
Figura 13. Krigagem da temperatura ambiente e da umidade relativa da packing house 2: (A) temperatura ambiente às 09h, (B) temperatura ambiente às 12h, (C) temperatura ambiente às 15h, (D) umidade relativa às 09h, (E) umidade relativa às 12h, (F) umidade relativa às 15h.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo dos valores encontrados de consumo de energia elétrica ativa total, produção total e consumo elétrico médio para cada quilograma de uva embalada ..41

Tabela 2. Valores dos variogramas de temperatura e umidade do ar.....62

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	11
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS GERAIS	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
CAPÍTULO II	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO VALE DO SÃO FRANCISCO	14
2.2 PACKING HOUSE	16
2.3 AVALIAÇÃO CLIMÁTICA DO AMBIENTE	17
2.3.1 Temperatura do ar	18
2.3.2 Umidade do ar.....	19
2.3.3 Mecanismos de trocas de calor entre corpo humano e o ambiente	20
2.3.4 Índice de temperatura e umidade (ITU).....	21
2.3.5 Entalpia (H)	22
2.3.6 Temperatura Efetiva (TE).....	22
2.4 DETERMINAÇÃO DA POTENCIA E DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	24
2.5 O CALOR EM AMBIENTES DE PRODUÇÃO	25
2.5.1 Fontes de calor em edificações.....	25
2.5.2 A carga cedida pelas paredes.....	25
2.5.3 A carga de mudança de ar	26
2.5.4 A carga do produto.....	26
2.5.5 A carga suplementar	26
2.6 A GEOESTATÍSTICA	27
2.6.1 Parâmetros do Semivariograma.....	28
.....	28
2.6.2 Krigagem.....	29
Consumo de energia elétrica em packing houses de uvas de mesa	35
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS.....	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
CONCLUSÕES	44
Análise do ambiente térmico de duas Packing Houses de uvas de mesa	48
INTRODUÇÃO	49
MATERIAL E MÉTODOS.....	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
CONCLUSÕES	68
CONCLUSÕES GERAIS.....	72

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

O polo frutícola situado no semiárido brasileiro e encabeçado pelas cidades de Juazeiro e Petrolina teve seu espaço agrário transformado durante os últimos anos devido aos investimentos do estado em técnicas de irrigação, o que possibilitou ao produtor da região o cultivo de diversas culturas. Sob o ponto de vista econômico, o Submédio do Vale do São Francisco se tornou um dos mais importantes centros do dos estados em decorrência da qualidade de seus cultivos tendo mais de 90% de sua produção exportada para países da Europa, Ásia e para os Estados Unidos (ARAÚJO; SILVA, 2013).

Em meio aos diferentes cultivos do Submédio do Vale do São Francisco, a viticultura tem papel de destaque já que, anualmente, envolve uma grande quantidade de negócios tanto no mercado interno quanto no mercado externo e, além disso, entre as culturas irrigadas da região é a que apresenta o maior coeficiente de geração de empregos diretos e indiretos (SILVA; COELHO, 2010).

A produção de uvas apenas nos estados da Bahia e Pernambuco, de onde se destaca o Submédio do Vale do São Francisco, no ano de 2014 foi de 314.223 toneladas o que corresponde a aproximadamente 21,86% do total produzido em todo Brasil (IBGE, 2015).

Frente a uma produção tão extensa, a redução das perdas na pós-colheita é questão primordial e garante também a redução dos custos produtivos. Esta redução de perdas é, principalmente, alcançada com a utilização de tecnologias que garantam condições de manuseio adequadas, a fim de prevenir a deterioração dos cultivos (DURIGAN, 2013). A uva, por ser classificada como um cultivo altamente perecível, agrega ainda mais prejuízos econômicos quando o processo de pós-colheita é realizado de maneira ineficiente (CHOUDHURY; COSTA, 2004).

No contexto da pós-colheita as *packing houses* possuem papel fundamental na garantia de uma boa qualidade na produção de uvas. Nessas instalações ocorrem os processos de recepção, limpeza, classificação, seleção, embalagem, pesagem, pré-resfriamento e armazenagem da uva (ANTONIOLLI, 2005). Segundo Choudhury e

Costa (2004), as *packing houses*, nas áreas de seleção, devem possuir necessariamente temperatura ambiente controlada de 20°C e umidade relativa do ar em torno de 90% a 95% para que seja evitada a desidratação da uva e conseqüentemente perda de qualidade.

Em geral, as *packing houses* de uvas são construídas na forma de grandes galpões constituídos a partir de concreto pré-moldado ou estruturas metálicas, com vedação efetuada por alvenaria e recobertos por folhas de fibrocimento ou folhas metálicas (VASCONCELOS, 2015). Esta configuração, dependendo do seu local de instalação, pode ocasionar em microclimas inadequados para o beneficiamento da fruta, sendo necessário o emprego de equipamentos de controle climático, aumentando o consumo de energia elétrica destas instalações.

Diante deste cenário, entre os mais diversos custos produtivos das fazendas de uvas, a eletricidade vem conquistando papel destacável, já que o valor das tarifas de energia vem sofrendo forte aumento e a redução do seu consumo é parte fundamental para se manter, com sucesso, no mercado altamente competitivo. Com isto, muito se discute sobre eficiência energética, onde a promoção desta eficiência perpassa pelo uso do conhecimento de forma direta, aplicando conceitos de engenharia, economia e administração.

Nesta perspectiva, os estudos voltados para avaliação do consumo eficiente de energia elétrica dos setores produtivos e identificação e mensuração dos microclimas nos interiores das instalações, são fundamentais para embasarem os produtores de uva quanto à configuração mais eficiente, do uso da energia, nas *packing houses*.

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação das variáveis ambientais e de consumo de energia elétrica de duas *packing houses* de uva, um de pequeno porte (caracterizado por processos manuais e sem controle climático) e outro de grande porte (com automatização nos processos de transporte de fruto – esteiras – e climatização por condicionamento de ar), situadas na região do Submédio do Vale do São Francisco, por meio da determinação de índices de conforto térmico, da geoestatística para espacialização do ambiente térmico e da relação entre consumo de energia elétrica com a produtividade total da área de seleção das *packing houses*.

A dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos. O capítulo I é uma introdução geral, capítulo II é a revisão bibliográfica, capítulos III e IV são dois artigos que foram confeccionados no formato da Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho teve por objetivo avaliar as variáveis ambientais internas de duas distintas *packing houses* de uva, ambas situadas no polo frutícola da região do Submédio do Vale do São Francisco a partir da determinação de índices para avaliação de conforto térmico, da geoestatística para espacialização térmica do ambiente e da relação entre consumo de energia elétrica com a produtividade total da área de seleção das referidas *packing houses*.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular o índice de conforto térmico ITU;
- Calcular a entalpia do ambiente das *packing houses*;
- Calcular a Temperatura Efetiva;
- Realizar análise espacial, por meio da Krigagem, dos parâmetros de temperatura e umidade para cada uma das *packing houses*.
- Determinar o consumo de energia elétrica da área de seleção das *packing houses*, bem como seus custos e relacioná-los com a produtividade total na área de seleção.

CAPÍTULO II

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO VALE DO SÃO FRANCISCO

A região do Vale do São Francisco está situada no semiárido do nordeste brasileiro que possui uma produção agrícola variada, porém limitada por fatores ambientais e estruturais. Grande parcela das atividades agrícolas desenvolvidas nesta região acontece em ecossistemas frágeis, com restrições de caráter edafo-climáticas e baixos índices pluviométricos durante o ano. Além disso, os solos encontrados no nordeste do Brasil, em geral, são deficientes em nutrientes e com estrutura física pouco adequada para intensa atividade agrícola. Limitações de logística produtiva também fazem parte do cotidiano do produtor nordestino. O escoamento da produção é bastante oneroso nesta região em função da pouca utilização de modais ferroviários e hidroviário (CASTRO, 2013).

As regiões semiáridas sofrem, frequentemente, de longos períodos com baixas precipitações, convivendo com graves secas. Apesar disso, o Submédio do Vale do São Francisco, passou a ocupar, nas últimas décadas, posição de destaque na fruticultura. Este processo teve início com a criação da Companhia de Desenvolvimento do Vale São Francisco (CODEVASF), empresa pública concebida em 16 de julho de 1974. As ações desenvolvidas pela CODEVASF obtiveram êxito destacável, principalmente, no que tange a grandes projetos agrícolas voltados para o cultivo a partir de fruticultura irrigada (MONTENEGRO; RAGAB, 2012, CAMELO FILHO, 2005).

As áreas irrigadas do Vale do São Francisco produzem diversos tipos de cultura. As culturas produzidas destinam-se tanto ao mercado interno como também são voltadas para a exportação. São cultivadas desde espécies que são base da alimentação dos brasileiros como feijão, milho, arroz, mandioca, cebola e batata doce até espécies originárias de clima temperado como a uva. (CAMELO FILHO, 2005). Apesar da diversidade de culturas, as mais importantes e mais rentáveis para a região são a manga e a uva de mesa (TEIXEIRA et al., 2009).

A viticultura desenvolvida no Submédio do Vale do São Francisco vem se destacando não só pelo aumento da área de cultivo, do volume da sua produção e quantidade exportada, mas também devido à elevada qualidade da uva produzida e altos rendimentos alcançados no plantio (PINHEIRO; ADISSI, 2007).

O elevado rendimento no cultivo da uva no Submédio do Vale do São Francisco pode ser explicado a partir das condições climáticas da região semiárida. Segundo Camargo, Tonietto e Hoffmann (2011), em regiões que apresentam temperaturas mínimas não suficientemente baixas para desenvolver o estado de dormência da uva, a videira cresce de forma contínua e, desde que haja emprego de tecnologias de manejo adequadas, se torna possível obter colheita da fruta duas ou até mais vezes no ano.

Para um cultivo eficiente da uva é necessário seguir uma metodologia de colheita, transporte, manufatura e armazenamento bem definida.

A colheita da uva deve acontecer apenas quando esta estiver em condições ideais para consumo, pois a uva é uma fruta classificada como não climatérica e, desta forma, não amadurece depois de ser colhida. Assim, para determinação do ponto de colheita ideal leva-se em consideração a coloração, a textura e o sabor da fruta ainda na videira. Além disso, deve ser considerado o diâmetro da baga a ser aferido com anéis de aferição (CHOUDHURY; COSTA, 2004). O processo de colhimento da uva deve acontecer em horários de temperaturas mais amenas evitando-se dias chuvosos ou momentos em que o fruto esteja orvalhado (ANTONIOLLI, 2005).

Após a colheita a uva é então transportada para a *packing house*. O transporte da fruta deve acontecer sob alguns cuidados visto que, é neste processo que ocorre o maior índice de danos mecânicos no fruto. Devem-se utilizar veículos com sistema de amortecimento suficiente para serem evitadas trepidações excessivas. Além disso, o transporte para ser ideal deve ocorrer em veículos fechados (tipo baú) e que possuam algum sistema de nebulização (CHOUDHURY; COSTA, 2004, ANTONIOLLI, 2005).

Ao chegar a *packing house* a fruta deve encontrar um ambiente bem iluminado e limpo. Na *packing* acontecem processos como o de limpeza da uva, pesagem, classificação, embalagem e paletização. A fim de garantir condições adequadas de trabalho, todos os utensílios utilizados na *packing house* e todos ambientes de circulação de pessoas devem ser limpos diariamente (CHOUDHURY; COSTA, 2004, ANTONIOLLI, 2005).

Após os processos ocorridos na *packing house*, os paletes de uva devem ser armazenados em câmaras frias nas condições de 0 a 2°C de temperatura e 90 a 95% de umidade. Mantido sob estes parâmetros, o fruto tem sua vida prolongada ao máximo e sua qualidade conservada. Caso haja necessidade de transporte da fruta da *packing* até a câmara fria, este deve ser realizado também em condições de temperatura e umidade controladas (ANTONIOELLI, 2005).

2.2 PACKING HOUSE

As *packing houses* são espécies de barracões para onde são levados os cultivos após a colheita para que sejam separados, classificados e acumulados para posterior transporte (ALBINO; MARTINS; SHIKIDA, 2004). As etapas dos beneficiamentos ocorridos em uma *packing house* de uva são descritos na figura 1.

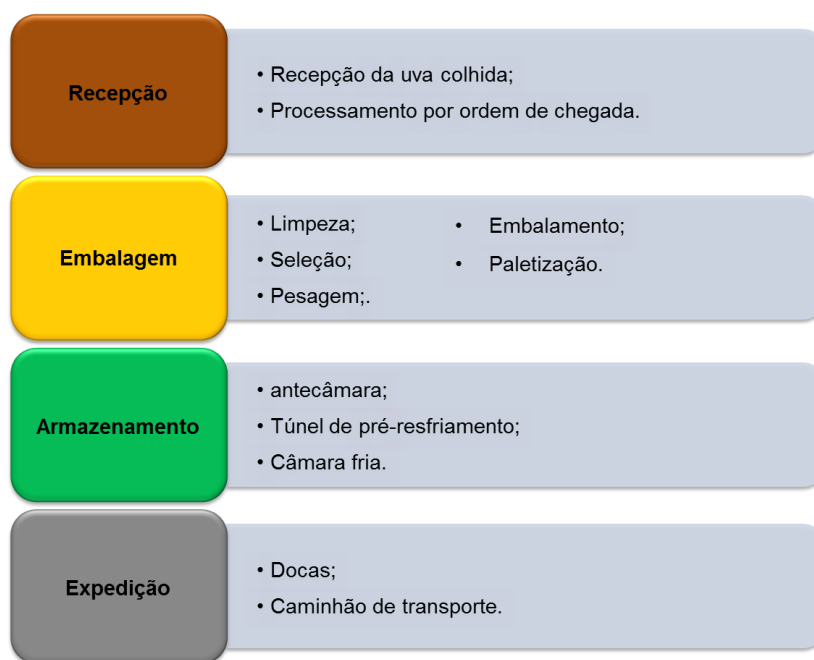


Figura 1 - Beneficiamento na packing house.

Fonte: Luz (2016)

Externamente, as *packing houses* são caracterizados por galpões com amplos vãos, confeccionados de concreto ou estruturas metálicas, com vedação lateral feita por alvenaria e cobertos por materiais leves como as telhas metálicas e de fibrocimento (DACANAL et al., 2014).

Para garantir as condições climáticas ideais para a uva, é essencial que as *packing houses* apresentem características construtivas que permitam um bom isolamento térmico (cobertura com baixo coeficiente de transferência de calor ou forrada, paredes externas de alvenaria, preferencialmente, sombreadas e ausência de envidraçados exteriores) não possuam renovações de ar não planejadas, além de necessariamente possuir equipamentos de controle térmico, como condicionadores de ar, resfriadores evaporativos, equipamentos de controle de umidade, entre outros, que possibilitem a manutenção valores de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar dentro da zona de termo neutralidade da uva.

A *packing house* deve: ser ampla o suficiente para permitir o tráfego de pessoas e a sua limpeza adequada, possuir boa iluminação natural, ser instalado em locais isentos de poeira, fumaça, produtos químicos e odores e nunca servir de depósito para matérias primas (ANTONIOLLI; LIMA, 2008).

Ainda de acordo com Antonioli e Lima (2008), os aspectos construtivos da *packing house* de uva também são determinantes para manter a integridade da fruta. É necessário que o piso da *packing house* seja impermeável, antiderrapante e possuir uma leve inclinação para facilitar o escoamento da água, as suas paredes e portas devem possuir cores claras e serem de fácil higienização, possuir banheiros, refeitórios e demais áreas não relacionadas à manipulação da fruta completamente separadas e possuir lavabos estrategicamente posicionados para higienização do trabalhador.

2.3 AVALIAÇÃO CLIMÁTICA DO AMBIENTE

Estudos de ambiência com o intuito de avaliar o ambiente térmico ao qual está submetido o trabalhador rural são bastante raros se comparado aos estudos voltados para a produção animal. Apesar disso, é conhecido que elevados valores de temperatura e umidade resultam em desconforto térmico no ambiente de trabalho causando prejuízos a saúde do trabalhador, aumentando os riscos de acidentes e reduzindo a produtividade (OLIVEIRA et al., 2006).

Além disso, ambientes cujo valores de temperatura e umidade estão em desacordo com o recomendado para uvas são fontes constantes de perdas produtivas, influenciando diretamente na qualidade da fruta.

Nesta perspectiva, em combinação com os valores de temperatura e umidade, foram desenvolvidos diversos índices para mensurar o nível de desconforto térmico do animal e do ser humano. Estes índices englobam o efeito conjunto das variações meteorológicas e do ambiente construído onde se encontra o indivíduo a ser estudado (OLIVEIRA et al., 2006).

2.3.1 Temperatura do ar

A temperatura do ar está relacionada diretamente com o valor de temperatura encontrado em um ponto qualquer da atmosfera, quando utilizado o termo temperatura do ar à superfície, este está associado com a temperatura em um ponto próximo a superfície da Terra. Geralmente, observações da temperatura do ar à superfície são obtidas a uma altura de 1,25 até 2,0 metros do solo (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Além disso, a temperatura do ar sofre forte influência por meio da variação da radiação líquida do dia. A energia da radiação líquida pode ser dividida em calor sensível e calor latente e influenciando no microclima que irá prevalecer. O calor sensível, proveniente da radiação, é o responsável por elevar a temperatura do ar durante o dia, assim, quanto maior a incidência solar, maior será o valor da temperatura do ar naquele dia (BRISTOW; CAMPBELL, 1984).

Um dos principais elementos meteorológicos é a temperatura do ar e, desta forma, este parâmetro é essencial em estudos nas áreas das ciências florestais, geociências, agricultura e ambiência (LYRA et al., 2011). Existe uma forte influência da temperatura do ar nos processos fisiológicos dos vegetais, conforto térmico dos seres humanos e adequação de instalações agrícolas para criação de animais.

As plantas têm sua fisiologia alterada quando há variação da temperatura do ar onde identifica-se alterações no comportamento germinativo das sementes, na velocidade na qual ocorrem as reações químicas e nos processos internos de translocação de assimilados, além da alteração das suas atividades fotossintéticas (RAMOS et al., 2011, ANTONINI et al., 2009).

A temperatura do ar é causa comum de desconforto em seres humanos e animais, seja por valores elevados ou baixas temperaturas. O desconforto por

temperatura está relacionado com a taxa de produtividade em ambientes de trabalho e com o aumento da frequência de acidentes ao serem desenvolvidas as atividades. Além disso, para criação de animais, o desconforto por temperatura altera a taxa e a qualidade da reprodução, a velocidade de crescimento e engorda destes animais, seus metabolismos e eleva o nível de estresse, fruto do desconforto térmico.

Assim, de uma forma geral, cada atividade irá requerer uma faixa ótima de valores de temperatura do ar para que haja maior produtividade e desenvolvimento do que se pretende (VASCONCELOS, 2015).

2.3.2 Umidade do ar

A umidade do ar está intimamente ligada com a quantidade de vapor d'água existente no ar. Assim, quantificar a umidade é essencial para garantir as atividades humanas e da natureza como um todo. A umidade, por exemplo, condiciona o desenvolvimento dos microrganismos patógenos para as plantas, influencia na transpiração vegetal, na taxa de desenvolvimento e proliferação de insetos, no conforto ambiental para pessoas e para criação de animais (VAREJÃO-SILVA, 2006).

O aumento da umidade do ar é condicionado à transformação da água em vapor devido a processos naturais como a evaporação, transpiração, entre outros. Essa inserção de vapor d'água natural no ar acontece quando há uma fonte de calor, a incidência da radiação, que é mais eficaz durante o dia. Assim, a maior quantidade de água evaporada acontece nesse período. No entanto, a quantidade de vapor d'água assimilada pelo ar é finita e depende da temperatura e da pressão. Quando máxima essa quantidade de vapor d'água no ar, diz que este está saturado (BISCARO, 2007).

De uma maneira geral a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera é menor que a quantidade máxima admitida (quando o ar está saturado). Assim, pode-se definir dois parâmetros muito utilizados para mensuração da umidade do ar: a umidade absoluta e a umidade relativa do ar (BISCARO, 2007, FROTA; SCHIFFER, 2001).

Definindo a umidade absoluta tem-se que esta é encontrada relacionando a massa de vapor d'água contido em uma certa quantidade de volume de ar (g/m^3). Já

a umidade relativa do ar é a razão da quantidade de vapor d'água contida em 1 m³ de ar e a quantidade máxima de ar que pode estar contida ne 1 m³ de ar, ou seja, relação entre o que há de vapor d'água no ar, de fato, pela quantidade que haveria se o ar estivesse saturado para aquele estado termodinâmico. Sabendo que um aumento da temperatura eleva consigo a máxima quantidade de umidade que pode estar contida em um volume de ar, o contrário acontece quando há uma redução da temperatura do ar (FROTA; SCHIFFER, 2001, RUAS, 1999).

A determinação da umidade relativa é muito mais habitual do que a umidade absoluta, sendo bastante utilizada quando se deseja determinar e caracterizar o ambiente térmico interno e externo às instalações agrícolas ou áreas de cultivo, com a finalidade de avaliar o conforto térmico para instalações, ou prever a evapotranspiração para cultivares.

2.3.3 Mecanismos de trocas de calor entre corpo humano e o ambiente

O corpo humano, ao realizar seu metabolismo, produz calor e, visando a manutenção da temperatura corpórea, utiliza de mecanismos para liberar essa carga ao ambiente. Os principais mecanismos de troca térmica em entre o ambiente e o corpo são a convecção, a radiação e a evaporação.

Na convecção, quando o ar do ambiente apresenta menor temperatura que o corpo humano, o corpo irá transferir calor para o ar por meio do contato do fluido com a pele, provocando o movimento constante do ar devido ao seu aquecimento. Quando a temperatura do ar ambiente é igual a temperatura corpórea, não haverá troca de calor por este mecanismo. Já, quando a temperatura do ar é maior que a temperatura da pele humana, o calor é transferido do ar para o corpo, invertendo-se o processo (RUAS, 2009).

A radiação é o processo de troca de calor onde corpos que possuem temperatura superiores ao zero absoluto emitem e absorvem energia radiante na forma de calor, sem a necessidade de um meio para propagação, em consequência da natureza eletromagnética da energia, que, ao ser absorvida, ocasiona em efeitos também térmicos (FROTA; SCHIFFER, 2001).

O diferencial entre energia emitida e recebida definirá se o corpo se aquece ou se resfria por meio da radiação. Se as paredes de uma edificação estiverem a

temperaturas menores que a do corpo humano, haverá uma perda de calor do corpo para as paredes, o contrário acontecerá se a temperatura das paredes estiver mais elevada que a do corpo humano, haverá absorção de calor por parte do corpo (RUAS, 2009).

A evaporação é o processo que irá ocorrer sempre que houver mudança de fase do estado líquido para o gasoso, onde, para se evaporar um fluido é necessário que seja fornecido calor a este.

Assim, quando a convecção e a radiação não são suficientes para garantir conforto térmico ao ser humano, o organismo aumenta a taxa de atividade das glândulas sudoríparas e tende a perder calor por meio da evaporação do suor gerado com o aumento dessa atividade. O suor, retira calor da pele quente para evaporar e, desta forma, é um importante mecanismo de termo regulação corpórea (RUAS, 2009).

2.3.4 Índice de temperatura e umidade (ITU)

O ITU foi desenvolvido com a proposta de ser utilizado como índice de avaliação do desconforto térmico do ambiente em 1959 por E. C. Thom e ao longo dos anos sofreu algumas adaptações. Giles et al. (1990) desenvolveram uma versão alternativa do ITU com a finalidade de utilizá-lo na avaliação do conforto térmico de humanos em regiões de clima quente. Esta adaptação para determinação do ITU leva em consideração o fato de que o suor é uma maneira natural de resfriar a temperatura do corpo e que em dias mais úmidos há uma menor perda de calor por evaporação. A equação proposta por Giles et al. (1990) apud Nogueira et al. (2012) é mostrada abaixo.

$$\text{ITU} = t - 0,55 \cdot (1 - 0,01 \cdot U) \cdot (t - 14,5) \quad (1)$$

t – Temperatura ambiente (°C)

U – Umidade relativa do ar (%)

Ainda segundo Giles et al. (1990) valores de ITU:

Acima de 32 o ambiente encontra-se em um estado de emergência médica;

Entre 29 e 32 todos sentem severo desconforto térmico;
 Entre 27 e 29 a maioria da população sente desconforto severo;
 Entre 24 e 27 mais de 50% da população sente desconforto;
 Entre 21 e 24 menos de 50% da população sente desconforto, crescente com o valor;
 Menor que 21 nenhum desconforto é encontrado.

2.3.5 Entalpia (H)

A entalpia é uma grandeza física, utilizada na psicrometria, que indica a quantidade de calor total que é encontrada numa massa de ar seca e quanto maior seu valor, maior esta quantidade de calor (CONCEIÇÃO et al., 2008). Ela tem sido frequentemente utilizada para avaliação de conforto em instalações e sistemas de refrigeração, já que pode indicar uma quantidade de energia térmica a ser removida do ambiente com a finalidade de se obter condições adequadas de conforto térmico (RODRIGUES et al., 2011).

Rodrigues et al. (2011) avaliou três equações utilizadas para a determinação da entalpia em um ambiente a fim de determinar quais delas possuía menor erro devido a utilização de constantes e aproximações. O autor obteve como resultado que a equação proposta por Albright (1990), mostrada abaixo, por levar em consideração a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar e a pressão barométrica local, foi a que se mostrou mais consistente na determinação da entalpia.

$$H = 1,006.t + \frac{U}{P_b} \cdot 10^{(7,5.t/237,3 + t)} \cdot (71,28 + 0,052.t) \quad (2)$$

t – Temperatura ambiente (°C)

U – Umidade relativa do ar (%)

P_b – Pressão (mmHg)

H = Entalpia (kJ/kg)

2.3.6 Temperatura Efetiva (TE)

Três variáveis são fundamentais para avaliação do conforto térmico que um ambiente proporciona às pessoas nele inseridas: A temperatura de bulbo seco, umidade e velocidade do ar. A ação combinada dessas variáveis climáticas é responsável por proporcionar ambiente adequado para o desenvolvimento de atividades laborais.

O índice Temperatura Efetiva (TE) representa bem a sensação térmica sentida por pessoas, pois relaciona a ação concomitante da temperatura de bulbo seco da umidade relativa do ar e da velocidade do ar, já que esses fatores determinam a sensação de frio ou calor sentida pelo corpo humano (CAMARGO, 2009).

A temperatura efetiva é encontrada por meio da carta de conforto ASHRAE, apresentada como um nomograma (figura 2), onde os dados de entrada são os valores da temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar e velocidade do ar no instante da medição, resultando em um valor de Temperatura Efetiva como dado de saída (CAMARGO, 2009).

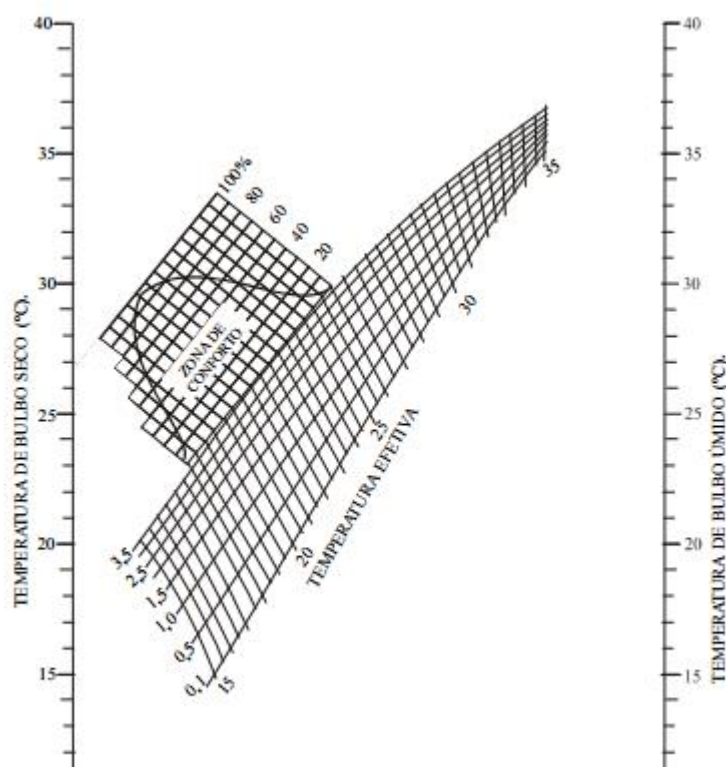


Figura 2 – Carta de conforto ASHRAE.
Fonte: Camargo (2009)

No Brasil, a NR-17 que trata sobre ergonomia, delimita que para haver um ambiente de trabalho confortável o índice de Temperatura Efetiva deve estar entre as

faixas de 20° e 23°C, a velocidade do ar não deve ser superior a 0,75 m/s e a umidade relativa do ar não deve ser inferior a 40%.

Devido ao fato de que a temperatura efetiva não leva em consideração a radiação solar que incide, um aumento de 0,5 °C deve ser realizado no valor de Temperatura Efetiva encontrado para cada 5° de redução da latitude norte em relação ao valor de referência de 41° (WATT; BROWN,1997)

2.4 DETERMINAÇÃO DA POTENCIA E DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Dá-se o nome de potência a taxa no tempo de absorção ou liberação de energia de um equipamento. A determinação da Potência (P) suprida ou consumida por um sistema elétrico em funcionamento depende diretamente da corrente elétrica (I) e da tensão (V) ao qual esteja submetido (DORF; SVOBODA, 2008). Esta relação é demonstrada pela equação 5.

$$P = V.I \quad (5)$$

Já o consumo de energia elétrica de um aparelho ou dispositivo depende da sua potência consumida e do intervalo de tempo de funcionamento. Segundo Almeida, Martins Neto e Lima (2014), o cálculo do consumo de energia (equação (6)) pode ser efetuado integrando a potência do equipamento em relação aos tempos iniciais e finais de sua operação.

$$Ce = \int_{t_1}^{t_2} P(t) . dt \quad (6)$$

Ce – Consumo de energia

t₁ – Tempo inicial de funcionamento

t₂ – Tempo final de funcionamento

P(t) – Potencia do equipamento

2.5 O CALOR EM AMBIENTES DE PRODUÇÃO

O calor é uma forma energia que, de maneira natural, pode transitar de um sistema de maior temperatura para outro de menor temperatura. Esta transferência de calor ocorre na forma sensível (onde há alteração na temperatura do sistema) ou na forma latente (onde não há variação da temperatura do sistema ocorrendo apenas mudança de seu estado físico).

A eficiência energética de uma edificação está relacionada com sua capacidade de reduzir o consumo energético através de características construtivas ideais para a sua localização climática, concomitantemente a sua propensão em maximizar o conforto térmico para seus frequentadores (CALDEIRA; BORTOLI, 2014).

2.5.1 Fontes de calor em edificações

A carga térmica de um ambiente, oriunda das fontes de calor presentes na instalação, é a quantidade somada de calor sensível mais calor latente que deve ser retirada do recinto com a finalidade de serem mantidas a temperatura e a umidade constantes (figura 3). O primeiro passo para o dimensionamento de um equipamento utilizado em climatização ou conforto térmico é a determinação da carga térmica do local (MORAES, 2013).

Segundo Dossat (2004), os ganhos de calor que compõem as fontes de calor em uma instalação podem ser divididos em quatro classes a nível de simplificação: (1) A carga cedida pelas paredes e cobertura; (2) A carga de mudança de ar; (3) A carga do produto; (4) A carga suplementar.

2.5.2 A carga cedida pelas paredes

Também chamada de carga de transmissão, é a taxa de calor que é transmitida por condução através das paredes e coberturas do ambiente analisado. As paredes e

coberturas estão expostas ao ar externo e a iluminação natural que, por meio dos mecanismos de transmissão de calor convecção e radiação solar, respectivamente, são responsáveis por elevar a temperatura do recinto (CENTINI, 2011).

A cobertura, por possuir grande área de exposição ao sol, é a principal fonte de carga térmica desta seção, tendo influência significativa no consumo de energia de equipamentos relacionados com controle climático.

2.5.3 A carga de mudança de ar

Denominada também de caudal de ventilação, esta carga é devida a infiltração de ar externo ao ambiente climatizado advindo de portas abertas, janelas e frestas. Deve haver um controle adequado na introdução de ar exterior, principalmente quando a temperatura externa é elevada, visando a maior eficiência de equipamentos de controle climático (DOSSAT, 2004).

2.5.4 A carga do produto

Esta carga é inerente ao produto inserido no ambiente resfriado. Não apenas o produto beneficiado é considerado, mas também aqueles que compõe o local e tem sua temperatura reduzida (DOSSAT, 2004). Quanto maior a quantidade de materiais internos ao recinto, maior será a porção da carga térmica total é dependente deste fator. Desta maneira, é importante manter apenas os equipamentos e produtos que realmente são necessários no interior das edificações climatizadas.

2.5.5 A carga suplementar

Todas as demais fontes de calor estão enquadradas neste segmento. São elas: pessoas trabalhando ou ocupando o ambiente resfriado, luzes e aparelhos elétricos,

motores de indução, motores de combustão interna, computadores e qualquer outro equipamento que funcione a base de combustíveis ou eletricidade (DOSSAT, 2004).

Quanto à carga oriunda das pessoas, a atividade desenvolvida por um indivíduo pode produzir mais ou menos calor. Pessoas que estão realizando atividades mais exaustivas tendem a elevar seus batimentos cardíacos, que eleva consigo a transpiração e desta maneira é fonte de maior geração de carga térmica.

2.6 A GEOESTATÍSTICA

A geoestatística surgiu a partir da percepção de que atributos coletados em um espaço podem estar relacionados uns com os outros em decorrência da sua distância, demonstrando a dependência espacial entre eles. Descrever de maneira adequada a dependência espacial é determinante para revelar a magnitude da continuidade espacial de uma variável, bem como a maneira como ocorre sua variação no espaço (SEIDEL; OLIVEIRA, 2014).

Desta forma, a partir deste princípio, tem-se que a diferença entre dois atributos medidos em um espaço experimental são interdependentes, quanto mais próximos os pontos de coleta, mais semelhante são os valores encontrados. Assim, cada valor estará relacionado a um grau de interferência proporcionado pelos valores obtidos na vizinhança, demonstrando sua continuidade espacial e permitindo o uso da interpolação (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989).

O semivariograma é a ferramenta fundamental utilizada nas técnicas de geoestatística para definição da dependência espacial ocorrente entre as variáveis especializadas, consistindo em um gráfico que relaciona as distâncias mensuradas com semivariâncias (SEIDEL; OLIVEIRA, 2014).

O gráfico que exhibe a variação do atributo em decorrência da distância entre os pontos coletados no campo de amostragem é denominado de semivariograma. Têm-se que a variância total de um atributo coletado pode se desmembrar em função da variação das distâncias entre as amostras e, desta forma, o objetivo é determinar a estrutura da variância formada.

Assim, diante do exposto, segundo Wojciechowski (2009), tem-se que a relação existente de dependência espacial de um atributo será a mesma para uma posição

“h” dentro de um determinado alcance da continuidade espacial avaliada, podendo ser determinado da seguinte forma:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{n=(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (7)$$

Em que: $\gamma(h)$ é a semivariância; $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ são os pares de valores medidos separados por um “h”, relacionado com as diferenças de valores que são obtidos a partir da distância e “z” é o atributo variável de estudo.

2.6.1 Parâmetros do Semivariograma

Os parâmetros constituintes do semivariograma são descritos na figura 3, mostrada abaixo.

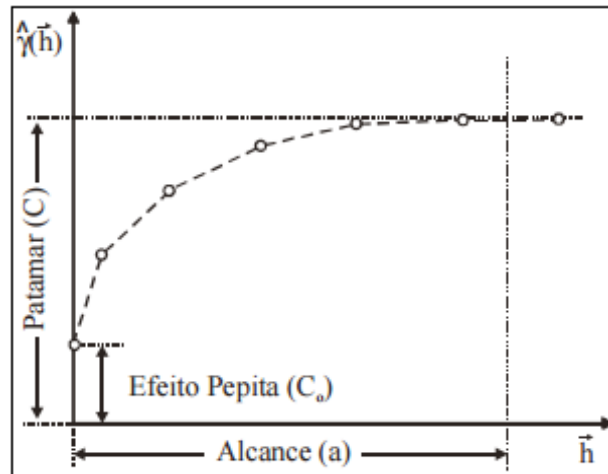


Figura 3 – Parâmetros do variograma: Alcance (a), Patamar (C), Efeito Pepita (C_0)
Fonte: Druck et al. (2004)

De acordo com Druck et al. (2004):

Alcance (a): é definido como o intervalo (distância) na qual as amostras estão correlacionadas de maneira espacial;

Patamar (C): é o valor do semivariograma que está correspondido ao seu alcance (a).

A partir deste valor, é considerado que não há mais existência de dependência

especial os atributos amostrais, já que a variância da diferença entre pares de valores de amostras ($Z(x_i) - Z(x_i + h)$) tende a ser constante;

Efeito Pepita (C_0): Tem-se que de maneira ideal o valor de $\gamma(0)$ deveria ser zero. No entanto, na realidade na medida que o valor de h tende a ser igual a zero, $\gamma(h)$ tende a um valor diferente de zero (residual) ao qual dá-se o nome de Efeito Pepita (C_0), que está relacionado com a descontinuidade observada no semivariograma para menores valores do que a menor distância existente entre as amostras, uma espécie de variabilidade ao acaso. Além da variabilidade decorrente da pequena escala amostral, essa descontinuidade que forma o efeito pepita pode estar relacionada também com erros no processo de medição.

2.6.2 Krigagem

O interesse em muitos casos onde se empregam a geoestatística não é apenas gerar modelos para avaliação da dependência espacial das variáveis, mas também a interpolação de dados para obtenção de valores em pontos não coletados experimentalmente. Podendo ser interessante, não apenas valores em áreas específicas, mas a geração de uma malha que permitam a visualização do comportamento dos atributos coletados como em um mapa de intensidades. A krigagem é um dos métodos que possibilita a confecção gráfica de uma superfície por meio de métodos de interpolação (VIEIRA et al., 2002).

Em sua concepção, a krigagem foi desenvolvida com o intuito de se obter mapeamentos geológicos, mas se expandiu e é bastante aplicada nas áreas agrícolas como nos mapeamentos de solos, hidrológicos, atmosféricos e outras áreas correlacionadas. A diferença entre a krigagem e os demais métodos utilizados na interpolação de dados é na forma como os pesos são atribuídos às diferentes amostras de dados. Na krigagem, os pesos são determinados por meio de uma análise espacial geral que é baseada no semivariograma experimental, fornecendo, normalmente, estimativas não tendenciosas e com mínima variância (DRUCK et al., 2004).

Em seu tipo ordinária, a krigagem vai consistir em uma maneira de estimação linear de dados para um parâmetro regionalizado, sem ser necessário o conhecimento prévio da sua média. A equação 8 apresenta como obter o estimador utilizado neste tipo de krigagem, onde em que $Z(x_i)$ são os dados experimentais; λ_i os ponderadores e n o número de amostras coletadas:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times Z(x_i) \quad (8)$$

REFERÊNCIAS

ALBINO, Ronaldo Adriano; MARTINS, Ricardo Silveira; SHIKIDA, Pery Francisco Assis. Viabilidade de Packing Houses para a pequena produção de hortifrúteis em Toledo (PR): Uma opção de desenvolvimento. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 2, n. 4, p.161-191, jul. 2004.

ANTONINI, J.; C. dos A.; SILVA, E. M.; OLIVEIRA, L. F. C. de; SANO, E. E. Modelo matemático para estimativa da temperatura média diária do ar no estado de Goiás. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 4, p.331-338, abr. 2009.

ALMEIDA, Rodrigo Lana de; MARTINS NETO, José Henrique; LIMA, Frederico Romagnoli Silveira. Análise experimental do impacto energético causado pelo acúmulo de poeira nos condensadores a ar das geladeira. In: MERCOFRIO - Congresso Internacional de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação, 9., 2014, Porto Alegre. **Anais...** . Porto Alegre: Asbrav, 2014. p. 2323 - 2323.

ANTONIOLLI, Lucimara Rogéria. **Colheita e manuseio pós-colheita**. Sistemas de Produção, 10 - EMBRAPA Sistema de Produção de Uva de Mesa no Norte do Paraná, 2005.

ANTONIOLLI, Lucimara Rogéria; LIMA, Maria Auxiliadora Coêlho de. **Boas Práticas de fabricação e manejo na colheita e pós-colheita de uvas finas de mesa**. Bento Gonçalves: Embrapa, 2008.

ARAÚJO, Guilherme José Ferreira de; SILVA, Marlene Maria da. Crescimento econômico no semiárido brasileiro: o caso do polo frutícola petrolina/juazeiro. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 46, p.246-264, jun. 2013.

BISCARO, Guilherme Augusto. **Meteorologia Agrícola Básica**. Itajaí: Unigraf, 2007.

BRISTOW, K. L.; CAMPBELL, G. S. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.31, p.159-166, 1984.

CAMARGO, Umberto Almeida; TONIETTO, Jorge; HOFFMANN, Alexandre. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p.144-149, out. 2011.

CALDEIRA, Norma do Nascimento Batista; BORTOLI, Luana Cristina De. Avaliação qualitativa do conforto térmico e da eficiência energética em edificação escolar de são miguel do oeste, sc: estudo de caso. **Unoesc & Ciência - ACET**, Jaboticabal, Edição especial, p.35-42, 2014.

CAMARGO, José Rui. **Resfriamento Evaporativo: Climatização Ecológica**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009. 170 p.

CAMARGO, José Rui. Resfriamento evaporativo:: poupando a energia e o meio ambiente. **Revista Ciências Exatas**, Taubaté, v. 1/2, n. 9/10, p.69-75, dez. 2004.

CAMELO FILHO, José Vieira. A dinâmica política, econômica e social do rio São Francisco e do seu vale. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, n. 1, p.83-93, set. 2005.

CASTRO, C. N. de. Agricultura no nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento. **boletim regional, urbano e ambiental IPEA**, Brasília, v.08, n.2, dez. 2013.

CENTINI, Daniel Cadário de Azevedo. **Projeto e seleção de um equipamento de ar condicionado para um vagão de passageiros de trem**. 2011. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CHOUDHURY, Mohammad Menhazuddin; COSTA, Tatiana Silva da. **Cultivo da Videira**. 2004.

CONCEIÇÃO, Maristela N. da et al. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p.536-539, jan. 2008.

DACANAL, C. ; TURCO, S. H. N ; LUZ, S. N ; VASCONCELOS, O.C.M. **Avaliação de desempenho térmico de packing houses de frutas no semiárido nordestino**, ENTAC, 2014; 2041 – 2050.

DOSSAT, Roy J. **Princípios de refrigeração**. Brasil: Hemus, 2004. 896 p.

DORF, Richard C.; SVOBODA, James A.. **Introdução aos Circuitos Elétricos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.

DURIGAN, José Fernando. Pós-colheita de frutas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p.339-675, jun. 2013.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do conforto térmico**. 5 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GILES, D. B.; BALAFOUTS, C.; MAHERAS, P. **Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988**. International Journal of Biometeorology, v. 34, n. 2, p. 98-104, 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. Rio de Janeiro, v. 29, n. 4, p.1-81, 2015.

ISAAKS, Edward H.; SRIVASTAVA, R.M. **An Introduction to Applied Geostatistics**. NY: Oxford University Press, Inc., 1989.

LUZ, Simone do Nascimento. **Tipologia construtiva de embaladoras de uva e adequação ao clima tropical semiárido**: Diagnóstico na ride Petrolina - Juazeiro. 2016. 120 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2015.

LYRA, Gustavo. B.; SANTOS, M. J. dos; SOUZA, J. L. de; LYRA; Guilherme. B.; Santos, M. A. dos. Espacialização da temperatura do ar anual no estado de alagoas com diferentes modelos digitais de elevação e resoluções espaciais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p.275-287, jun. 2011.

MONTENEGRO, Suzana; RAGAB, Ragab. Impact of possible climate and land use changes in the semi-arid regions: A case study from North Eastern Brazil. **Journal Of Hydrology**, Amsterdam, p.55-68, abr. 2012.

MORAES, Carmelina Suquerê de. **Análise de medidas para eficientização e uso racional da energia elétrica em condicionadores de ar**. 2013. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Edificações e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

NOGUEIRA, Carlos Eduardo Camargo et al. Avaliação do conforto térmico nas residências convencional e inovadora do "Projeto CASA", Unioeste, Campus de Cascavel. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 34, n. 1, p.3-7, mar. 2012.

OLIVEIRA, Lutércia M. F. de et al. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Construções Rurais e Ambiência**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p.823-831, dez. 2006.

PINHEIRO, Francisco Alves; ADISSI, Paulo José. Impactos socioambientais e de segurança do alimento na gestão da produção integrada de uvas finas de mesa. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, Niterói, v. 2, n. 2, p.119-140, ago. 2007.

RAMOS, Clóvis M. C.; SILVA, Alessandra F. da; SARTORI, Anderson A. da C.; ZIMBACK, Célia R. L.; BASSOI, Luís H. Modelagem da variação horária da temperatura do ar em Petrolina, PE, e Botucatu, SP. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 9, p.959-965, 2011.

RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, New York, p.455-459, 2011.

RUAS, Álvaro César. **Conforto térmica nos ambientes de trabalho**. 1 ed. Brasília: FUNDACENTRO, 1999.

SEIDEL, E. J.; OLIVEIRA, M. S. Novo índice geoestatístico para a mensuração da dependência espacial. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p.699-705, 2014.

SILVA, Pedro C. G. da; COELHO, Robert C. **Caracterização social e econômica da cultura da videira**. Sistemas de Produção, 1 - EMBRAPA Cultivo da Videira, 2010.

TEIXEIRA, A. H. de C. et al. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil: Part A: Calibration and validation. **Agricultural And Forest Meteorology**. New Haven, p. 462-476. mar. 2009.

VASCONCELOS, Osvaldo Campelo de Mello. **Microclima do setor de seleção de casas de embalagens de uva no Vale do Submédio São Francisco**. 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2015.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Instrumentos Meteorológicos Utilizados em Estações de Superfície. Varejão-Silva, M. A.; Meteorologia e Climatologia, Versão Digital 2, Recife, 2006.

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, J. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. **Temas em Ciência do Solo**. Viosa, v. 2, p. 1-45, jul. 2002.

WATT, J. R.; BROWN, W. K. **Evaporative air conditioning handbook**. 3^a ed., The Fairmont Press, Inc., Lilburn, GA, 1997, 507 p.

WOJCIECHOWSKI, J. C. et al. Geoestatística aplicada ao estudo das características físico-químicas do solo em áreas de floresta estacional decidual. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 19, n. 4, 383-391, 2009.

CAPÍTULO III

Consumo de energia elétrica em packing houses de uvas de mesa.

Resumo

Nas packing houses são desenvolvidos os processos de recepção, seleção, pesagem, embalagem, pré-resfriamento e resfriamento da fruta. São inúmeras as configurações de packing houses encontradas, desde mais simples onde não há equipamento de controle climático e com processos realizados manualmente, até as mais tecnificadas com total controle climático e automatização de parte dos processos. As aplicações destas tecnologias elevam consigo o consumo de energia elétrica da packing e, se utilizadas de maneira inadequada, podem onerar excessivamente o custo produtivo. Nesta perspectiva, este estudo teve o objetivo de avaliar o consumo de energia elétrica de duas packing houses de uvas de mesa, uma com climatização e maior grau de tecnificação da área de seleção e outra com processos realizados manualmente e sem climatização, relacionando-o com a produtividade gerada. Identificou-se que o aumento do consumo de energia elétrica não elevou a produtividade das packing houses, a produtividade média dos trabalhadores não sofreu alteração com a climatização do ambiente e o custo com energia elétrica devido a refrigeração da área de seleção da packing house climatizada foi de R\$0,01604 por quilograma de uva embalada.

Palavras chaves Instalações agrícolas, Fruticultura, Eficiência energética.

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro, liderado, principalmente, pela região do Submédio do Vale do São Francisco, tornou-se um importante centro de produção frutícola, isto, após investimentos estatais para ampliação de áreas irrigadas (Araújo & Silva, 2013). Dentre os cultivos da região, a produção de uvas de mesa sem sementes vem ganhando notoriedade nos últimos anos (Leão et al., 2011).

O aumento no consumo de uvas sem sementes é uma tendência mundial e faz com que os produtores anseiem em suprir consumidores cada vez mais exigente quanto a qualidade da fruta (Mascarenhas et al., 2012). Assim, torna-se necessário investimentos em tecnologias que garantam maior qualidade no beneficiamento das uvas de mesa, destacando-se, nessa relação, a implantação das packing houses (Mascarenhas et al., 2013). As packing houses são fundamentais, pois nelas são desenvolvidos os processos de recepção, seleção, pré-resfriamento e armazenamento refrigerado das uvas colhidas (Vasconcelos, 2015).

Estudos relacionados com packing houses de fruticulturas em geral não são comuns, apesar de sua importância. Fischer et al. (2007) e Obenland et al. (2008) analisaram citros após beneficiamentos ocorridos na packing house, os primeiros observaram os danos patológicos nos frutos e os segundos a qualidade após os processos. Bittencourt et al. (2011) mensuram a competitividade do mercado produtor de maçã em Santa Catarina com base na produção e no número de packing houses do Estado. Albino et al. (2004) avaliaram a viabilidade econômico-financeira de estruturação de packing houses para produção de hortifrútiis na cidade de Toledo, Paraná. Morais et al. (2009) consideraram como elevados os níveis de tecnologia empregados em packing houses de melões do Polo Agrícola Mossoró-Assu/RN.

Segundo Durigan (2013) a utilização de tecnologias que garantam condições de manuseio adequadas é fundamental para manutenção da qualidade da produção. No entanto, as inserções de equipamentos de controle produtivo elevam o custo de manutenção das packing

houses com consumo energético e, se realizada de maneira inadequada, pode ocasionar em redução da margem de lucro e, conseqüentemente, minimizar a capacidade de competitividade do produtor.

Nesta perspectiva, o presente estudo teve o objetivo de relacionar o consumo de energia elétrica e os custos por ele gerado, com a produtividade da área de seleção de duas packing houses de uvas de mesa, uma com processos sendo realizados de maneira manual e sem equipamentos de refrigeração para controle climático e a segunda com automação das esteiras de transporte, além de equipamento de climatização por água gelada (Fan Coil) em toda área de seleção.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em duas packing houses de uva situados na região do submédio do Vale do São Francisco. A primeira, (packing house 1) de menor porte, com ausência de climatização e automação dos processos nas áreas de seleção, situada no município de Casa Nova no estado da Bahia nas coordenadas 09° 13' S e 41° 01' W e altitude de 384 m. A segunda (packing house 2), de maior porte, possuindo climatização com sistema de água gelada e automação nas esteiras de transportes da área de seleção, situado no município de Vermelhos (distrito de Lagoa Grande) no estado de Pernambuco nas coordenadas 09° 04' S e 4° 07' W e altitude de 345 m.

O experimento foi realizado de 12 de setembro a 04 de outubro de 2016, período que se encontra na época de maior utilização das packing houses, considerando o pico de produção e armazenamento das fazendas de uvas de mesa na região.

O registro do consumo de energia elétrica de cada packing house foi obtido por meio de medidores de consumo. Para a packing house 1, instalou-se um medidor de consumo de energia

elétrica trifásico MFT – 120G no painel elétrico apenas da área de seleção da packing house responsável pela iluminação, ventiladores e balanças de precisão.

Para a packing house 2, devido a maior complexidade de suas instalações, foram necessários 3 medidores de consumo de energia elétrica, dois instalados no seu interior modelo ELO 2106 D, coletando o consumo da iluminação local, dos motores responsáveis pelo transporte nas linhas de produção e das balanças de precisão, e o terceiro instalado apenas no painel elétrico do acionamento do equipamento de refrigeração, modelo IMS Smart METER, responsável pelo controle climático da área de seleção da packing house 2.

O consumo de energia elétrica médio da área de seleção das packing houses por quilograma de uva embalado, bem como a mensuração do custo gerado por este consumo, foram obtidos utilizando metodologia inspirada por Barros et al. (2015) e de acordo com a equação 1 e equação 2, respectivamente.

$$CEE = \frac{CT}{PT} \quad (1)$$

$$C = CEE.T \quad (2)$$

Onde:

CEE – Consumo de Energia Elétrica médio por quilograma de uva (KWh/Kg);

CT – Somatório dos consumos diários (KWh);

PT – Somatório das Produções totais diárias (Kg);

C – Custo da energia elétrica da área de seleção por quilograma de uva (R\$/kg);

T – Tarifa de consumo de energia elétrica, para 1 KWh consumido na fazenda (R\$).

As coletas dos dados dos medidores de consumo de energia elétrica foram realizadas manualmente ao final de cada dia de produção, por um total de 14 dias (após serem descartados dias onde houveram falhas nas coletas ou problemas nos equipamentos de medição) para as duas packing houses.

Ambas as fazendas possuem processos produtivos semelhantes, onde o trabalhador responsável pela embalagem da fruta realiza individualmente as operações de recepção na linha de produção, seleção, pesagem e embalagem da fruta, armazenando o fruto embalado e direcionando-o para a paletização ainda no ambiente de seleção da packing house.

Assim, a produção diária de uva de mesa embalada em quilos e a quantidade de funcionários trabalhando nas packing houses em cada dia foram obtidas a partir de preenchimento de formulários advindos dos registros da administração das fazendas, ao final de cada dia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de energia elétrica ativa diário da área de seleção das packing houses em função dos dias avaliados é mostrado na figura 4A e figura 4B.

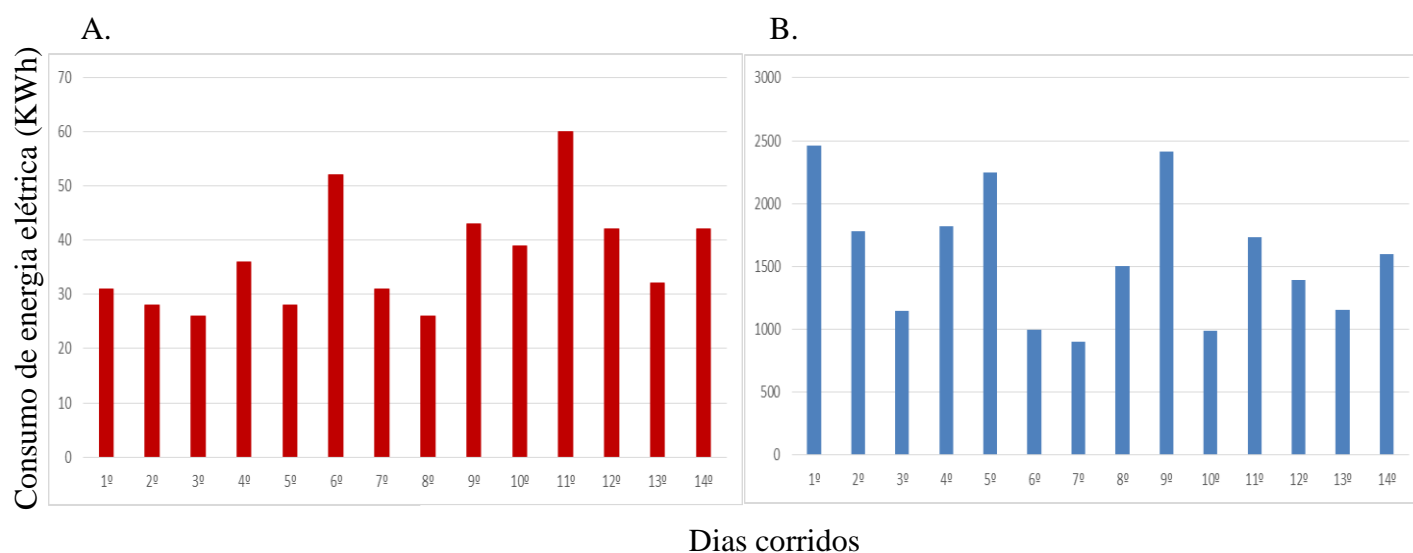


Figura 4. Consumo de energia elétrica ativa na área de seleção das packing houses: (A) Consumo para a packing house de menor porte (packing house 1) por dia, (B) Consumo para a packing house de maior porte (packing house 2) por dia.

Observando a figura 4A e a figura 4B percebe-se que o consumo de energia elétrica ativa da área de seleção da packing house 2 se mostrou mais elevado do que o encontrado na packing house 1 em todos os dias de coleta de dados, com valor médio diário de 1580,86 KWh

frente a um valor de 36,85 KWh médio diário para a packing house 1. O consumo mais elevado da packing house 2 é explicado, principalmente, pela utilização de equipamento de refrigeração para controle climático da área de seleção que representa, aproximadamente, 82,60% do consumo de energia elétrica total da área de seleção do packing 2 nos dias avaliados.

Ao ser analisado o consumo de energia elétrica ativa da área de seleção das packing houses em função da produção diária, como ocorre abaixo nas figuras 5A e 5B, percebe-se que há um comportamento aleatório deste consumo, não sendo identificada relação direta entre a disponibilidade de energia com o aumento da produção diária. Este comportamento pode ser explicado devido a existência de diversas variedades de uvas que são manufaturadas nas packing houses em dias distintos, podendo, ou não, propiciar maior facilidade de manuseio de acordo com suas características físicas, além de também fatores relacionados com o manejo dos equipamentos de refrigeração e ventilação para a packing house 2 e 1 respectivamente.

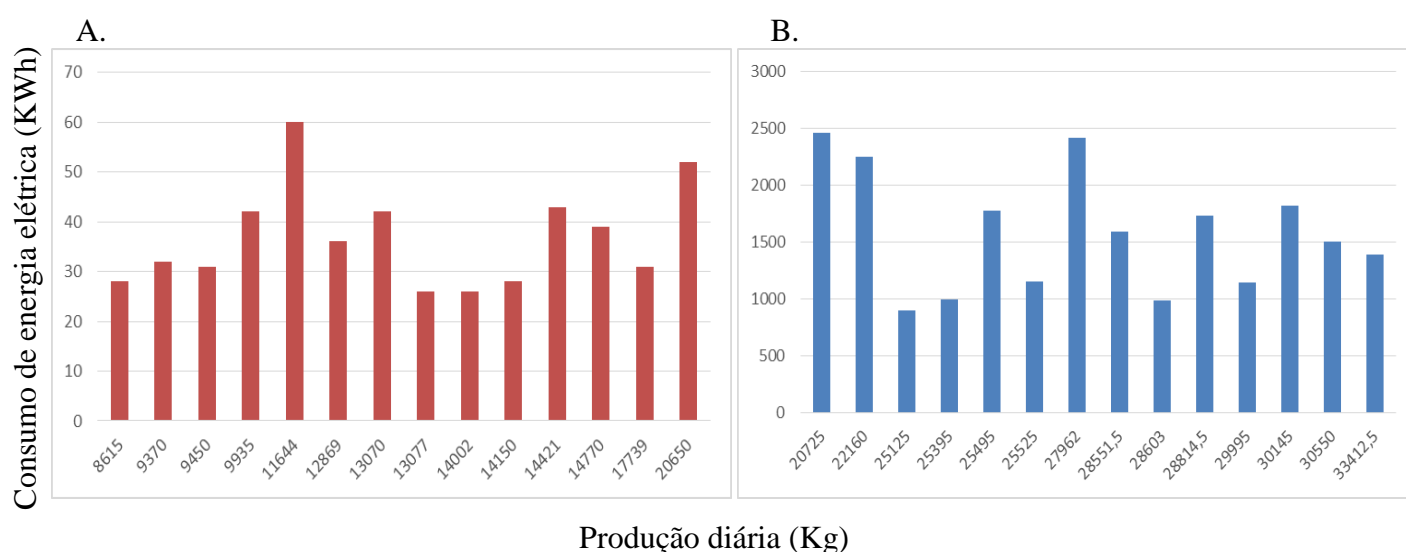


Figura 5. Consumo de energia elétrica ativa na área de seleção das packing houses: (A) Consumo para a packing house 1 em função da sua produção diária, (B) Consumo para a packing house 2 em função da produção diária.

A tabela 1 apresenta um resumo dos valores totais de consumo de energia elétrica ativa da área de seleção da packing house e da produção encontrados no período avaliado pelo estudo,

bem como o consumo de energia elétrica médio por quilograma de uva embalada na packing house (calculado pela equação 1).

	Consumo total de energia elétrica	Produção Total	Consumo elétrico médio por quilograma de uva embalada
Packing House 1	516 KWh	183.762 Kg	0,0028 (KWh/Kg)
Packing House 2	22.132 KWh	382.458,2 Kg	0,0579 (KWh/Kg)

Tabela 1. Resumo dos valores encontrados de consumo de energia elétrica ativa total, produção total e consumo elétrico médio para cada quilograma de uva embalada

A partir dos valores apresentados na tabela 1 e considerando o plano vigente na packing house 2 (A4 Rural Horo-Sazonal verde – concessionária CELPE), tem-se um valor de R\$0,33565 para cada KWh (já incluso os tributos ICMS – 25 %, PIS e COFINS) consumido em horário fora de ponta (horário comercial de operação) no mês de novembro de 2016 segundo a CELPE, tem-se que, de acordo com a equação 2, o custo com energia elétrica ativa por quilograma de uva embalada na área de seleção é de R\$0,0194 para packing house 2 e de R\$0,00094 para a packing house 1.

Ferreira & Turco (2003) avaliaram o consumo de energia elétrica em um galpão de criação de frango de corte levando em consideração dois ciclos de criação. Os autores identificaram que as fontes de consumo de energia elétrica no galpão eram os comedouros, os ventiladores, os nebulizadores e a iluminação. Como resultado obtiveram que foram gastos 0,12 KWh e 0,20 KWh de energia elétrica, no primeiro e segundo ciclo de criação, respectivamente, para a produção de um frango de corte.

A figura 6 exibe o consumo de energia elétrica ativa apenas do equipamento de refrigeração da packing house 2 em função da produtividade da packing. Durante os 14 dias do estudo, foram consumidos 18.280 KWh de energia apenas pelo equipamento para uma produtividade total no período de 382.458,5 kg de uva embalada. Utilizando a tarifa já mencionada, a equação 1 e a equação 2 tem-se que para a packing house 2 são gastos, em média,

0,0478 KWh de energia elétrica ativa apenas com climatização para ser embalado 1,0 kg de uva, o equivalente a R\$0,01644 por quilograma de uva embalada.

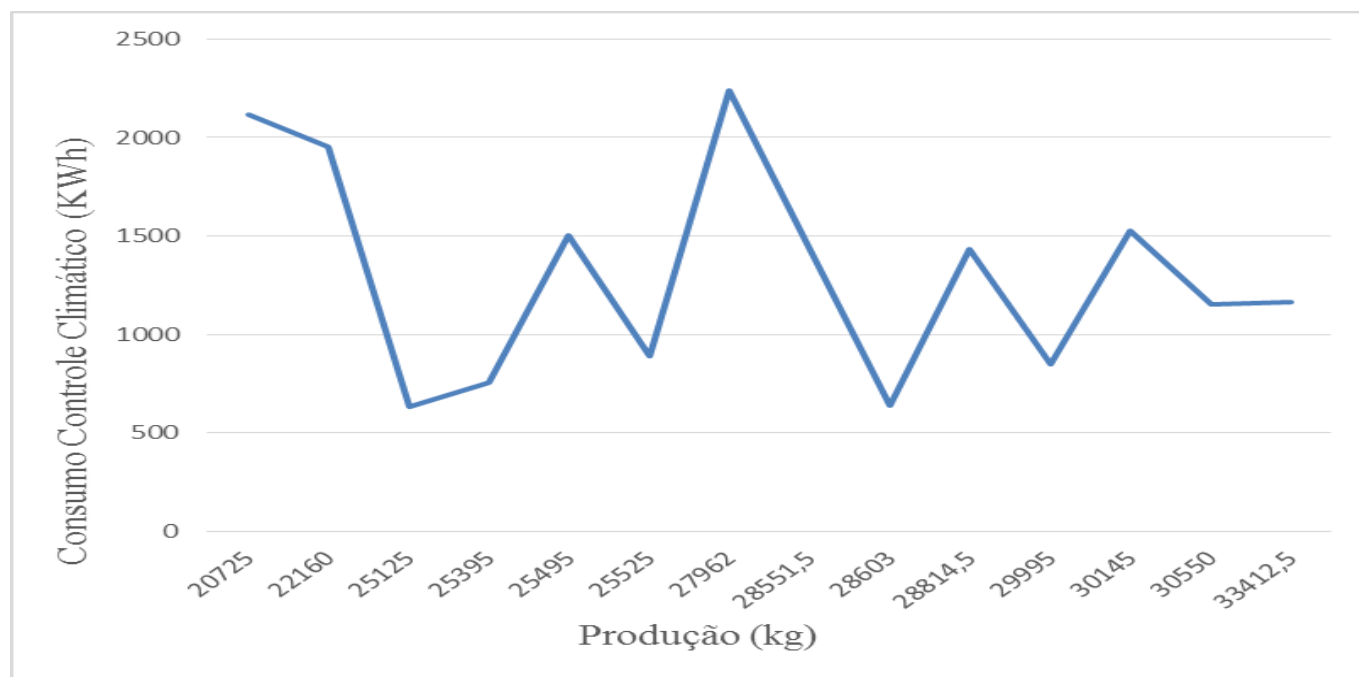


Figura 6. Consumo de energia elétrica do equipamento de controle climático da packing house 2 em função da produção diária.

A atividade biológica de espécies agrícolas gera calor e é fonte de aumento da carga térmica (Meneghetti et al., 2013). Assim, uma maior quantidade de fruto sendo manufaturado na packing house gera consigo elevação da carga térmica e conseqüente necessidade de mais energia a ser utilizada pelo equipamento de refrigeração do ambiente de seleção. No entanto, pela figura 3 percebe-se que uma elevação na quantidade de uva produzida não resultou necessariamente em maior consumo de energia elétrica para climatização. Este fato pode estar relacionado com um manejo ineficiente do equipamento, resultando em um funcionamento excessivo em momentos de menor carga térmica ou operação insuficiente quando há maior requisição deste.

Rossi et al. (2012) avaliou o ambiente de instalações suinícolas para cachaços, considerando além dos parâmetros de conforto térmico, o consumo de energia elétrica dos equipamentos relacionados com a climatização (por resfriamento evaporativo). Os autores

determinaram que os equipamentos utilizados no processo de resfriamento evaporativo da instalação foram responsáveis por apenas 2,26% e 4,82% do total do custo com energia elétrica do galpão, o que foi considerado como pouco significativo na conta de energia elétrica. Assim, a utilização de resfriamento evaporativo em instalações de packing houses pode ser uma eficiente alternativa considerando seu baixo consumo de energia elétrica.

A produtividade média por trabalhador foi avaliada com o intuito de identificar possíveis influências da climatização do ambiente na taxa de trabalho individual. A figura 7 mostra como se comportou a produtividade média por trabalhador no decorrer dos 14 dias de estudo.

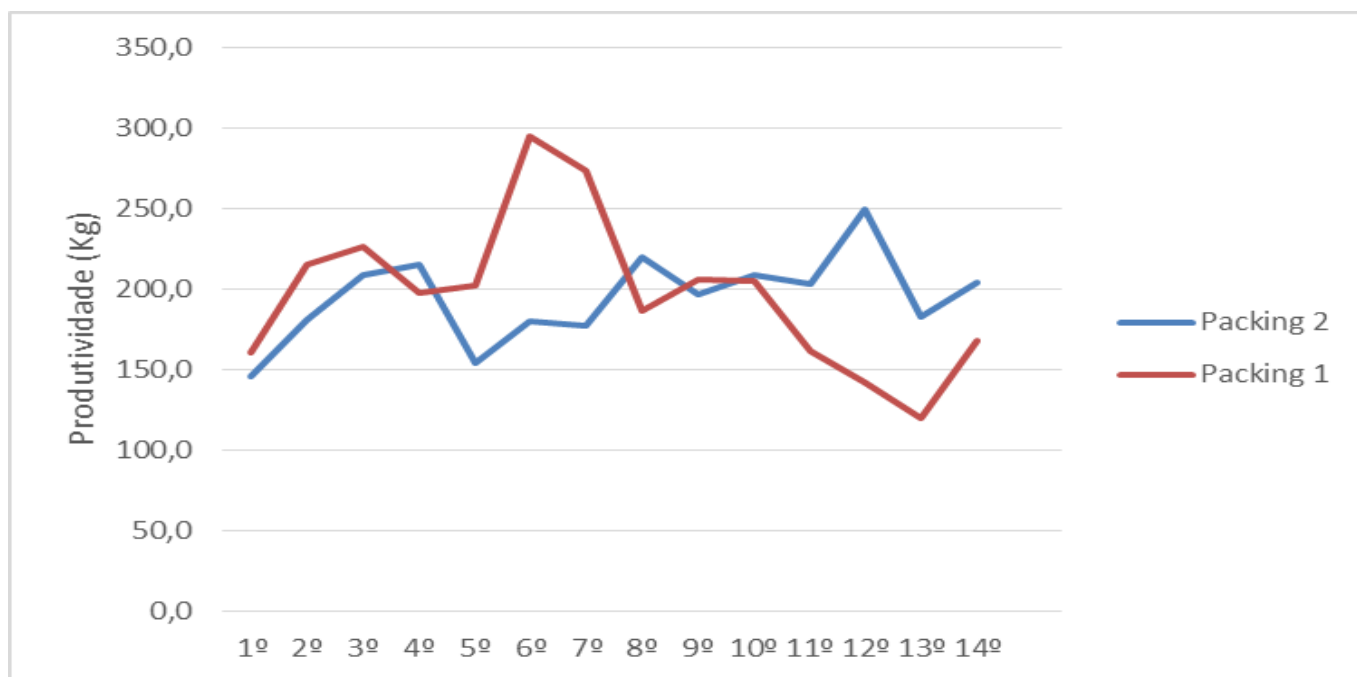


Figura 7. Produtividade média diária (Kg de fruto) do trabalhador da área de seleção das packing houses.

Ao observar a figura 8, percebe-se que há uma variação considerável da produtividade de packing houses no decorrer dos dias avaliados. A packing house 2 obteve uma produtividade média diária de 194,34 Kg de fruto por trabalhador, valor que para a packing house 1 foi de 195,28 Kg por funcionário. Apesar da climatização do ambiente e da automação das esteiras transportadoras, a packing house 2 não conseguiu obter uma produtividade média por

trabalhador maior que a packing house 1, evidenciando que fatores não relacionados com a infraestrutura da packing são também determinantes na garantia da eficiência produtiva.

CONCLUSÕES

1. Para ambas packing houses avaliadas um aumento do consumo de energia elétrica não resultou em incremento da produção de uvas embaladas;
2. 82,60% da energia elétrica total consumida na área de seleção da packing house 2 foi destinada ao funcionamento do equipamento de refrigeração da packing;
3. O custo total com energia elétrica na área de seleção das packing houses por quilograma de uva embalada foi de R\$0,00094 para a packing house 1 e de R\$0,0194 para a packing house 2.
4. O custo com energia elétrica apenas para a climatização da área de seleção da packing house 2 por quilograma de uva manufaturada foi de R\$0,01604;
5. Não se identificou aumento da produtividade média por trabalhador em decorrência da climatização e automação na packing house 2 quando comparada com a packing house

LITERATURA CITADA

Albino, R. A.; Martins, R. S.; Shikida, P. F. A. Viabilidade de Packing Houses para a pequena produção de hortifrúteis em Toledo (PR). *Desenvolvimento em questão*, v. 2, p.161-191, 2004.

Araújo, G. J. F. de; Silva, M. M. da. Crescimento econômico no semiárido brasileiro: o caso do polo frutícola petrolina/juazeiro. *Caminhos de Geografia*, v. 14, n. 46, p.246-264, 2013.

Barros, J. de S. G.; Rossi, L. A.; Sartor, K. Uso de controlador PID como tecnologia eficiente em sistema de aquecimento de creche suína. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 5, p.476-480, 2015.

Bitterncout, C. C.; Mattei, I. F.; Sant'anna, P. R. de; Inongo, O. C.; Barone, F. M.; A cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e packing house. *Revista de administração*, v. 45, n. 4, p.1199-1222, 2011.

Durigan, J. F. Pós-colheita de frutas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n. 2, p.339-675, 2013.

Ferreira, L. F. S. A.; Turco, J. E. D. Avaliação do consumo e custo de energia elétrica em galpão para criação de frangos de corte, em dois ciclos de criação. In: *Encontro de Energia no Meio Rural*, 3, 2003. Proceedings... Campinas.

Fischer, I. H.; Toffano, Leonardo; Lourenço, S. A.; Amorim, Lilian. Caracterização dos Danos Pós-Colheita em Citros Procedentes de “Packinghouse”. *Fitopatologia brasileira*, v. 32, n. 4, p.304-310, 2007.

Leão, P. C. de S.; Brandão, E. O.; Gonçalves, N. P. da S. Produção e qualidade de uvas de mesa 'Sugraone' sobre diferentes porta-enxertos no Submédio do Vale do São Francisco. *Ciência Rural*, v. 41, n. 9, p.1526-1531, 2011.

Mascarenhas, R. de J.; Guerra, N. B.; Aquino, J. de S.; Leão, P. C. de S.; Maia, L. C. Qualidade sensorial e físico-química de uvas finas de mesa cultivadas no submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n. 2, p.546-554, 2013.

Mascarenhas, R. de J.; Silva, S. de M.; Lima, M. A. C. de; Mendonça, R. M. N.; Holschuh, H. J. Characterization of maturity and quality of Brazilian apirenic grapes in the São Francisco river Valley. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 32, n. 1, p.26-33, 2012.

Meneghetti, C. R.; Tizzei, A.; Cappelli, N. L.; Umezo, C. K.; Bezzon, G. A Mathematical model for the cold storage of agricultural products. *Ciência Agronômica*, v. 44, n.2, p.286-293, 2013.

Morais, P. L. D.; Silva, G. G. da; Maia, E. N.; Menezes, J. B.; Avaliação das tecnologias pós-colheita utilizadas e da qualidade de melões nobres produzidos para exportação. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, p.214-218, 2009.

Obenland, D.; Collin, S.; Sievert, J.; Fjeld, K.; Doctor, J.; Arpaia, M. L. Comercial packing and storage of navel oranges alters aroma volatiles and reduces flavor quality. *Postharvest Biology and Technology*, v. 47, p.159-167, 2008.

Rossi, L. A.; Velloso, N. M.; Lima, M. T. de; Sarubbi, J.; Vieira, L. H. S. Análise do desempenho reprodutivo e do uso de energia elétrica em instalações climatizadas de cachaços. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, v. 16, n. 10, p.1121-1127, 2012.

Vasconcelos, O. C. de M. Microclima do setor de seleção de casas de embalagens de uva no Vale do Submédio São Francisco. Juazeiro: UNIVASF, 2015. 95p. Dissertação de Mestrado.

CAPÍTULO IV

Análise do ambiente térmico de duas Packing Houses de uvas de mesa

Resumo

As packing houses são fundamentais para a produção de uvas de mesa, já que nelas ocorrem processos de beneficiamento e preparação da fruta para que assumam a forma final que chegará ao consumidor. Desta maneira, nas packing houses são desenvolvidos os processos que vão desde a recepção da fruta após a colheita, até a seleção e embalagem para posterior conservação refrigerada, exigindo que o fruto permaneça tempo considerável neste ambiente. Assim, torna-se necessário que o ambiente das packing houses seja climaticamente controlado para garantir a conservação da uva no decorrer do beneficiamento e, além disso, elas devem possuir também condições ambientais confortáveis de trabalho, já que inúmeros trabalhadores são necessários para desenvolvimento das atividades ocorridas nestes locais. Nesta perspectiva, este estudo teve por finalidade analisar o ambiente térmico de duas packing houses de uvas de mesa situadas no semiárido do nordeste brasileiro, uma com climatização da sua área de seleção e outra sem climatização, avaliando suas adequações térmicas tanto para o fruto a ser beneficiado quanto para as condições de trabalho. Obteve-se que a packing house climatizada possuiu temperaturas mais baixas e valores maiores umidade relativa do ar que a packing house não climatizada, apresentando ambiente mais favorável para a conservação da uva, além disso, apresentou melhores condições climáticas para conforto térmico humano. No entanto, na packing house não climatizada ocorreu maior uniformidade espacial dos parâmetros térmicos.

Palavras chaves Instalações agrícolas, Conforto Térmico, Fruticultura.

INTRODUÇÃO

O Vale do Submédio do São Francisco, tendo como principais municípios Juazeiro no estado da Bahia e Petrolina no estado de Pernambuco, se destaca nacionalmente por sua produção de frutas, principalmente a uva e a manga. Quando se trata de uvas, o clima semiárido da região, aliado a técnicas de irrigação, possibilitam seu cultivo com elevada eficiência, o que tornou a cultivar uma importante fonte de renda para a região (Dias & Vital, 2012; Leão et al., 2016).

O cultivo de uvas finas de mesa vem se expandindo na região do Vale do Submédio do São Francisco, devido a sua grande aceitação nos mercados internos e externos. A região é responsável por 97% da exportação nacional de uvas de mesa, onde inclui-se as uvas sem sementes que possuem maior aceitação e preço para exportação (Freitas et al., 2011; Leão et al., 2011).

Para atender as demandas da expansão do mercado vitícola é necessário um maior aporte tecnológico nas fazendas, destacando-se a implantação de casas de embalagens (packing houses), na forma de galpões climatizados, visando a garantia de maior produtividade e qualidade das uvas de mesa (Mascarenhas et al., 2013).

É nas packing houses que o fruto passa por processos que visam sua homogeneização, adequação e melhoria de sua aparência para ser destinado ao consumidor final (Araújo & Silva, 2013). Elas são fundamentais para qualidade da uva, já que nelas são realizados os processos de recepção da fruta, seleção das bagas, pesagem, embalagem, resfriamento e armazenamento, sendo essencial, desta forma, a manutenção de um ambiente térmico controlado para evitar a deterioração da fruta no decorrer destes processos (Vasconcelos, 2015).

É necessário manter as packing houses à temperatura ambiente controlada de 20°C e umidade relativa do ar entre de 90% a 95% para evitar a perda da qualidade da uva por sua desidratação (Embrapa, 2004). No entanto, deve-se considerar também para as packing houses

o conforto térmico humano, já que os processos que nelas ocorrem são realizados, quase que totalmente, de maneira manual o que demanda uma grande quantidade de pessoas.

As condições climáticas no trabalho, avaliada principalmente pela temperatura e a umidade relativa ar, são fundamentais para garantia do conforto térmico do trabalhador. Valores extremos destas variáveis causam prejuízo à saúde dos trabalhadores, ocasionando em perdas de qualidade e produtividade no seu exercício da função, além de gerar uma elevação dos riscos de acidentes de trabalho (Souza et al., 2010; Silva et al., 2010).

Inúmeros estudos cujo objetivo é a análise do ambiente térmico, seja para garantia de condições adequadas de produção ou para análise do conforto térmico no ambiente de trabalho, são encontrados. Carvalho et al. (2014) avaliaram o conforto térmico animal e o humano em galpões frangos de corte localizados no semiárido mineiro, identificando stress térmico em todo o ano para os pintos de corte, enquanto que para humanos o stress ocorreu apenas no verão. Furtado et al. (2010) também estudaram o conforto térmico em frangos de corte em região semiárida, localizada na Paraíba, mensurando a influência do ambiente em verão na produtividade.

Rupp et al. (2017) analisaram o conforto térmico em uma edificação de escritórios por meio de questionários eletrônicos comparando-os com método analítico. Já Lulu et al. (2005) avaliaram o armazenamento de uva sem sementes 'Romana' à temperatura de 3°C e umidade relativa entre 90 e 95% com a finalidade de determinar a vida máxima da cultivar nessas condições.

Nesta perspectiva, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o ambiente térmico da área de seleção de duas packing houses de uvas, uma com os processos sendo realizados de maneira manual e sem equipamentos de refrigeração para controle climático e a segunda com automação das esteiras de transporte, além de equipamento de climatização por água gelada (Fan Coil) em toda área de seleção, visando mensurar sua adequação aos parâmetros de conforto

térmico para trabalhadores e de manutenção da qualidade da fruta. Assim, utilizou-se dados de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do ar, para se determinar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Entalpia (H), a Temperatura Efetiva (TE) e o uso da Kringagem para geoespacialização climática dos ambientes.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em duas packing houses de uvas de mesa situados no Vale do Submédio do Rio São Francisco. A primeira delas (packing house 1 – menor porte), não possuindo climatização e com processos totalmente manuais na sua área de seleção, situada no município de Casa Nova no estado da Bahia nas coordenadas 09° 13' S e 41° 01' W, altitude de 384 m. A segunda delas (packing house 2 - maior porte), com climatização por sistema de água gelada e automação nas esteiras de transportes na área de seleção e situado na cidade de Vermelhos (distrito de Lagoa Grande), no estado de Pernambuco, nas coordenadas 09° 04' S e 4° 07' W, altitude de 345 m.

O experimento ocorreu no entre os dias de 20 de setembro até 20 de outubro de 2016, período que coincide com a época onde há maior utilização das packing houses no ano, em decorrência do pico produtivo e de armazenamento de uvas de mesa nas fazendas da região.

Para coletar dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior das packing houses, instalou-se termohigrômetros Hobo U12 na área de seleção de ambas packing houses, de maneira que fosse criada uma malha de 40 sensores posicionados de forma equidistante, respeitando-se as diferenças nos tamanhos da área de seleção das edificações.

A packing house 1 (PH1) possui 24,8 m x 14,6 m na área de seleção, enquanto a packing house 2 (PH2) possui 38,1 m x 27,2 m no mesmo ambiente. Assim, os 40 sensores na PH1 foram instalados de modo a ocuparem 4 fileiras separadas por 1,3 m lateralmente, espaçados de 2,2 m a uma altura de 1,4 m, de modo que coletassem os dados da região onde, de fato, havia

seleção e embalagem do fruto. De maneira semelhante, para a PH2 os 40 sensores foram instalados também a uma altura de 1,4 m, porém ocupando agora 5 fileiras separadas lateralmente por 6,4 m, com espaçamento de 4,6 metros entre os 8 sensores que compuseram cada fileira.

Os termohigrômetros foram programados para coletarem os valores de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar de uma em uma hora, com início do processo de coleta marcado para às 00:00 h do dia 20 de setembro de 2016 e fim do processo às 23:00 h do dia 20 de outubro de 2016.

Para obtenção das condições climáticas externas às packing houses instalou-se duas estações meteorológicas fora das packing houses, uma em cada fazenda, dotadas de equipamentos para obtenção das temperaturas horárias, umidade relativa do ar, velocidade do ar e radiação global incidente.

A velocidade do ar foi coletada de maneira manual utilizando-se anemômetro de fio quente TAFR - 190. As coletas aconteceram em 8 pontos equidistantes na PH1 e 10 pontos, também equidistantes, na PH2, de hora em hora entre os horários de 9h até às 15h.

De posse dos dados de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar, realizou-se o tratamento dos dados, onde as médias foram determinadas por planilha eletrônica para posterior análise do ambiente térmico presente em cada uma das packing houses, a partir do cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Entalpia (E) e Temperatura Efetiva (TE).

O cálculo do ITU foi efetuado utilizando a metodologia proposta por Giles et al. (1990), sendo esta uma alternativa para avaliação do conforto térmico em humanos.

$$ITU = t - 0,55 \cdot (1 - 0,01 \cdot U) \cdot (t - 14,5) \quad (1)$$

t – Temperatura ambiente (°C)

U – Umidade relativa do ar (%)

Onde, valores de ITU:

Acima de 32 o ambiente encontra-se em um estado de emergência médica;

Entre 29 e 32 todos sentem severo desconforto térmico;

Entre 27 e 29 a maioria da população sente desconforto severo;

Entre 24 e 27 mais de 50% da população sente desconforto;

Entre 21 e 24 menos de 50% da população sente desconforto, crescente com o valor;

Menor que 21 nenhum desconforto é encontrado.

A entalpia, utilizada comumente como índice de conforto térmico e representada como a quantidade de calor por quilograma de ar seco, foi calculada com base na metodologia empregada por Barbosa Filho et al. (2009) e representada pela equação 2.

$$H = [(6,7 + 0,243 \times T_{bs}) + \frac{U}{100} \cdot 10^{(7,5 \cdot T_{bs}/237,3 + T_{bs})}] \cdot 4,18 \quad (2)$$

T_{bs} – Temperatura ambiente (°C)

U – Umidade relativa do ar (%)

H = Entalpia (kJ/kg)

A temperatura efetiva foi determinada por meio da carta de conforto ASHRAE, a partir dos valores de temperatura de bulbo seco velocidade do ar obtidos experimentalmente e a partir de valores de temperatura de bulbo úmido que foram determinados utilizando o software GRAPSI 5.1.

No Brasil, a NR-17 afirma que um ambiente de trabalho confortável possuirá o índice de Temperatura Efetiva entre as faixas de 20° e 23°C, a velocidade do ar inferior a 0,75 m/s e a umidade relativa do ar não inferior a 40%.

Visando a análise da variabilidade espacial das condições térmicas e verificar a existência de microclimas internos em ambas packing houses, realizou-se a geoestatística dos dados abrangendo os parâmetros de temperatura de bulbo seco e umidade relativa, sendo avaliados os horários de 9h, 12h e 15h. Para gerar os modelos de semivariogramas, utilizou-se

o software GS+, onde se considerou os modelos esférico, exponencial, linear e o gaussiano. A escolha do modelo que melhor se adequou aos dados baseou-se na menor soma do quadrado dos resíduos (SQR) e no coeficiente de determinação múltipla (R^2).

A análise do grau de dependência espacial das variáveis temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar foi realizada por meio da classificação proposta por Cambardella et al. (1994), em que se considera dependência espacial forte, aqueles encontrados em semivariogramas cujo o efeito pepita é $<$ que 25% do patamar, moderada quando está entre 25 e 75% e fraca $>$ 75%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento médio das temperaturas ambientes, no período do estudo, nas cidades de Casa Nova – BA e Vermelhos (distrito de Lagoa Grande) – PE, além das médias das temperaturas internas de ambas packing houses avaliadas, em função do horário, estão exibidas na figura 8 abaixo.

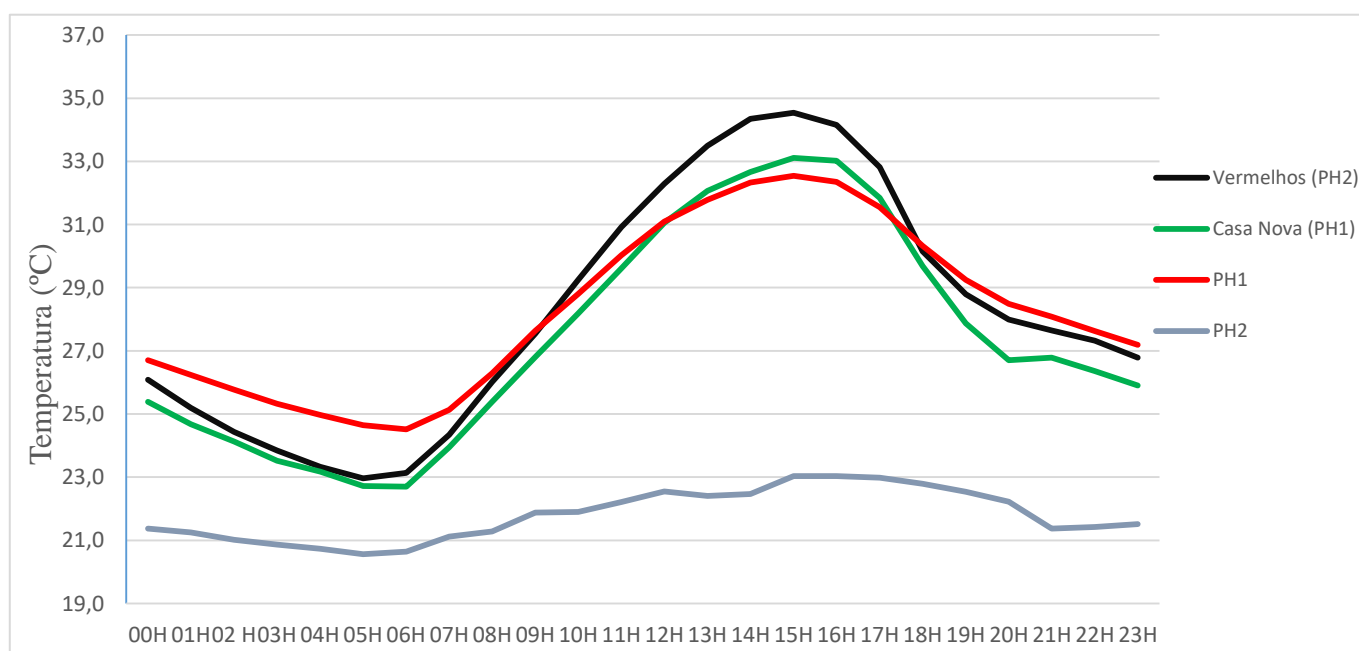


Figura 8. Média das temperaturas ambientes (°C) em função do tempo (horário).

Ao observar a figura 9, percebe-se que a PH1 possui, em todos os horários, médias de temperaturas mais elevadas que a PH2. O que é óbvio e é decorrente da presença de refrigeração no ambiente de seleção da PH2, que é responsável por controlar as condições climáticas internas. A PH1 possui temperatura média máxima de 32,5 °C ocorrida às 15 h, enquanto na PH2, o valor máximo encontrado foi de 23 °C também às 15 h.

Ao comparar-se o comportamento das temperaturas da área de seleção da PH1 com o comportamento da temperatura externa, percebe-se que estes são semelhantes onde uma variação positiva da temperatura externa, ocasionou em aumento da temperatura interna da PH1. Esse comportamento semelhante pode ser atribuído não apenas a ausência de equipamentos de climatização (possuindo apenas ventiladores) nessa packing, mas também a suas características construtivas. A PH1 possui cobertura metálica, sem forro, caracterizada por elevada condução de calor, além parte das paredes (externas) com envidraçados de baixo isolamento térmico em conjunto a aberturas laterais e frontais responsáveis por correntes de ar externo. O telhado é o elemento construtivo que mais contribui para as condições internas de um galpão e o tipo de material que o constitui determina a quantidade de calor, advindo da radiação, que infiltrará na construção, elevando sua temperatura (Conceição et al., 2008).

Já para a PH2, devido à necessidade de controle térmico por possuir refrigeração na sua área de seleção, percebe-se que o comportamento de suas médias de temperaturas é uniforme ao longo do dia e varia pouco em função de mudanças climáticas externas, já que a área de seleção da PH2 possui cobertura metálica forrada com placas de poliuretano, todas as paredes que a rodeiam são paredes internas totalmente sombreadas e o ambiente é vedado de infiltrações de ar, fato que concede bom isolamento térmico e faz com que, mesmo em momentos onde o equipamento de refrigeração esteja desligado (após o fim do expediente, em torno das 18 h), há manutenção de temperaturas mais baixas no seu interior do que as observadas externamente.

Em ambas packing houses a média de temperatura ambiente horária sempre esteve acima de 20 °C que, segundo Vasconcelos (2015), em conjunto a uma umidade relativa entre 90 e 95% seriam as condições climáticas ideais para o ambiente de seleção de packing houses. No entanto, observa-se pela figura 8 que a PH2 obteve temperaturas próximas a este valor ideal e desta forma se mostra com um ambiente de seleção mais favorável ao fruto do que o encontrado na PH1 sem climatização.

A figura 9 exhibe o comportamento médio da umidade relativa do ar para os ambientes internos de ambas packing houses e para as estações meteorológicas instaladas externamente a estes.

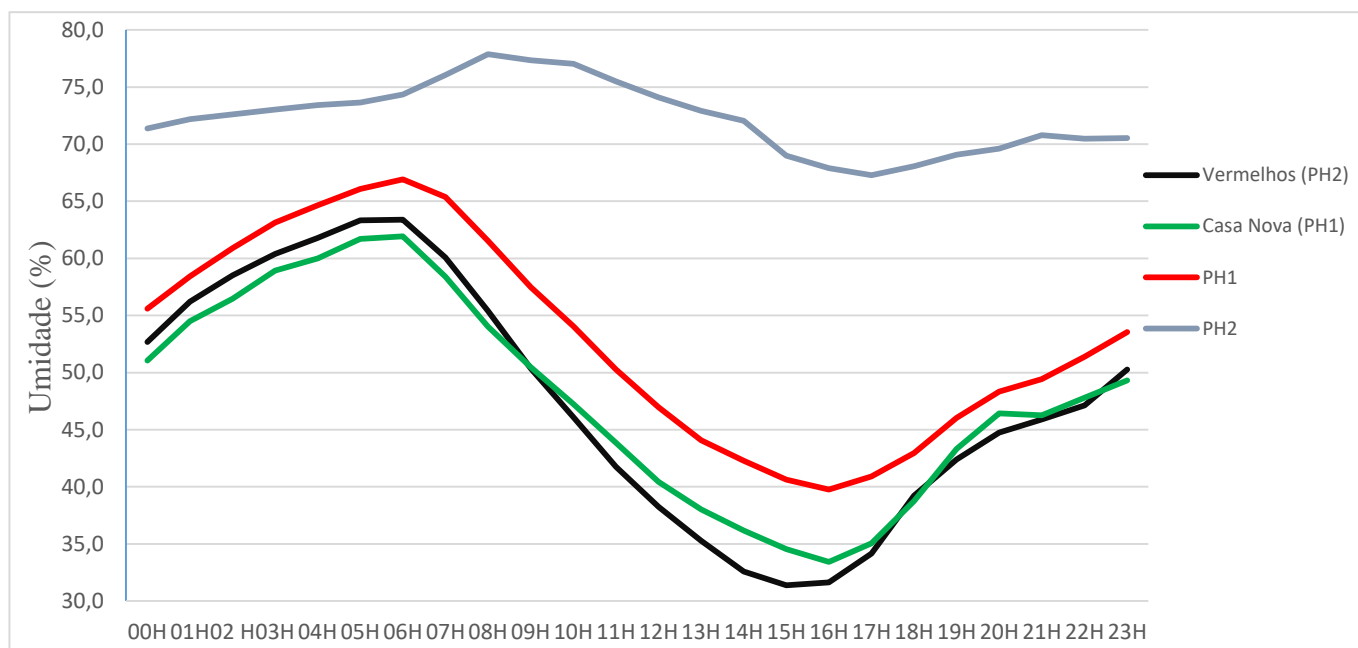


Figura 9. Média das umidades relativas dos ambientes (%) em função do tempo (horário).

De maneira similar ao ocorrido com a temperatura, a umidade relativa do ar na PH1 apresentou comportamento semelhante ao encontrado no seu ambiente externo, porém com valores levemente superiores. A semelhança do comportamento se deve ao baixo isolamento climático decorrente das características construtivas dessa packing house, que contribuem para constantes trocas de ar entre o ambiente externo e o interno. Já os valores levemente superiores

de umidade relativa são decorrentes dos processos respiratórios humano na PH1, além da perda de água da fruta para o ar em função da ausência de equilíbrio térmico entre ambiente e fruto.

Para a PH2, devido às suas características construtivas que propiciam um eficiente isolamento climático, percebe-se que a umidade relativa do ar varia pouco quando comparado ao ambiente externo e se mantém sempre com valores mais elevados ao longo do dia. Os valores mais elevados ocorrem devido aos mesmos motivos da PH1, porém a maior intensidade desses valores está relacionada com a ausência de trocas de ar devido ao bom isolamento climático da PH2.

Quando se compara as packing houses, fica evidente que a PH2, climatizada e com bom isolamento térmico, possui valores de umidade relativa do ar bem acima do encontrado na PH1 no entanto, ainda abaixo do valor de 90 a 95%, recomendado para manutenção de condições adequadas para uva. Às 8 horas da manhã encontrou-se o máximo valor de umidade relativa do ar na PH2 de 77,9%, enquanto o máximo valor de umidade relativa do ar encontrado na PH1 aconteceu às 6 horas da manhã e foi de 66,9%, horário onde ainda não se iniciou a seleção de uvas.

O conjunto formado por valores de temperatura e umidade relativa do ar não adequados tem relação fundamental com o estresse térmico em ambientes (Dikmen & Hansen, 2009). Ao estar submetido ao estresse térmico, todos os seres humanos apresentam respostas comportamentais e fisiológicas, que influenciam diretamente na produtividade, na qualidade e nos riscos de acidentes em ambientes de trabalho (Batiz et al., 2009). Assim, é fundamental a manutenção da temperatura e umidade relativa do ar em valores ótimos para conforto térmico humano.

O ITU (importante e muito utilizado como índice para mensurar o conforto térmico gerado em uma instalação/edificação) foi calculado e seu comportamento médio horário é apresentado na figura 10.

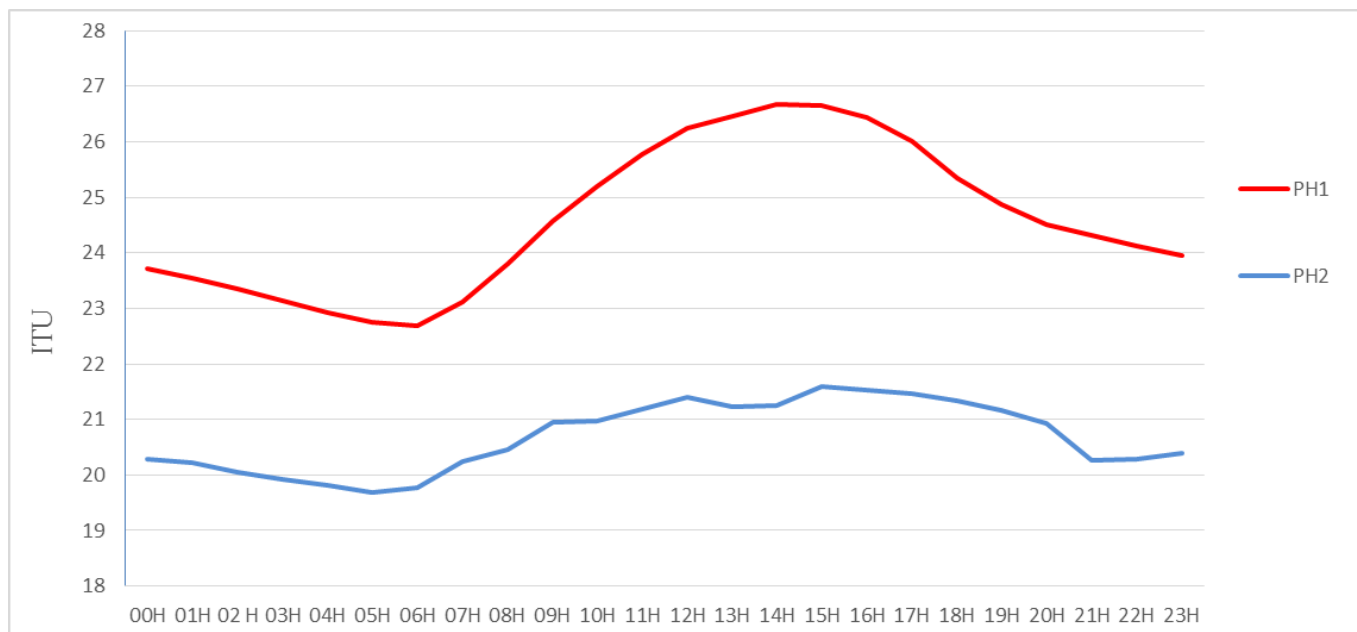


Figura 10. Valores médios de ITU das Packing Houses em função do tempo (horário).

Enquanto na PH1 os valores de ITU variaram de 22,7 até 26,7, na PH2 os valores de ITU foram sempre inferiores para todos os horários e variaram de 19,7 até o valor máximo de 21,6. Isso é devido a presença de equipamento de controle térmico no ambiente de seleção da PH2, responsável pela redução da temperatura deste ambiente. Além disso, ao ser analisado o comportamento mostrado na figura 3, fica claro um aumento mais intenso do ITU do horário de 9h da manhã até às 16h da tarde na PH1. Essa intensidade maior pode estar relacionada com as características construtivas desta packing house que apresenta baixo isolamento térmico do ambiente, já que a temperatura ambiente externa média neste intervalo de horário foram semelhantes em ambas cidades.

Na PH1, foram encontrados valores de ITU acima de 25 no horário das 10 da manhã até às 18h configurando que o ambiente se apresentou como desconfortável para a maioria das pessoas e, considerando a jornada de trabalho iniciando às 8h e finalizando às 18h, apenas nas duas primeiras horas de trabalho do dia é que o ambiente se mostra no limite da faixa de leve desconforto.

Na PH2, os valores de ITU, em horário comercial de seleção, se mantiveram entre 20,5 até o valor máximo de 21,6 apresentando, para todos os horários, leve desconforto, porém com valores muito próximos ao ideal para conforto pleno da maioria das pessoas. Apesar de possuir área de seleção climatizada, com temperaturas amenas e com baixa variação diária desta ainda não foi encontrado conforto térmico pleno na PH2. Este fato ocorreu devido aos elevados valores de umidade relativa do ar que foram encontrados (valor médio de 72,3%) e que contribuem para redução do conforto térmico humano, apesar de ser mais próximo do valor de 90% que seria ideal para a uva.

A entalpia está relacionada com a quantidade de calor existente em uma quantidade de massa de ar e tem sido utilizada frequentemente para avaliação de conforto térmico em edificações, quanto maior a entalpia, maior será essa quantidade de calor (Rodrigues et al. 2011).

Para a entalpia, o seu comportamento médio no interior de ambas packing houses em função do tempo é exibido na figura 11.

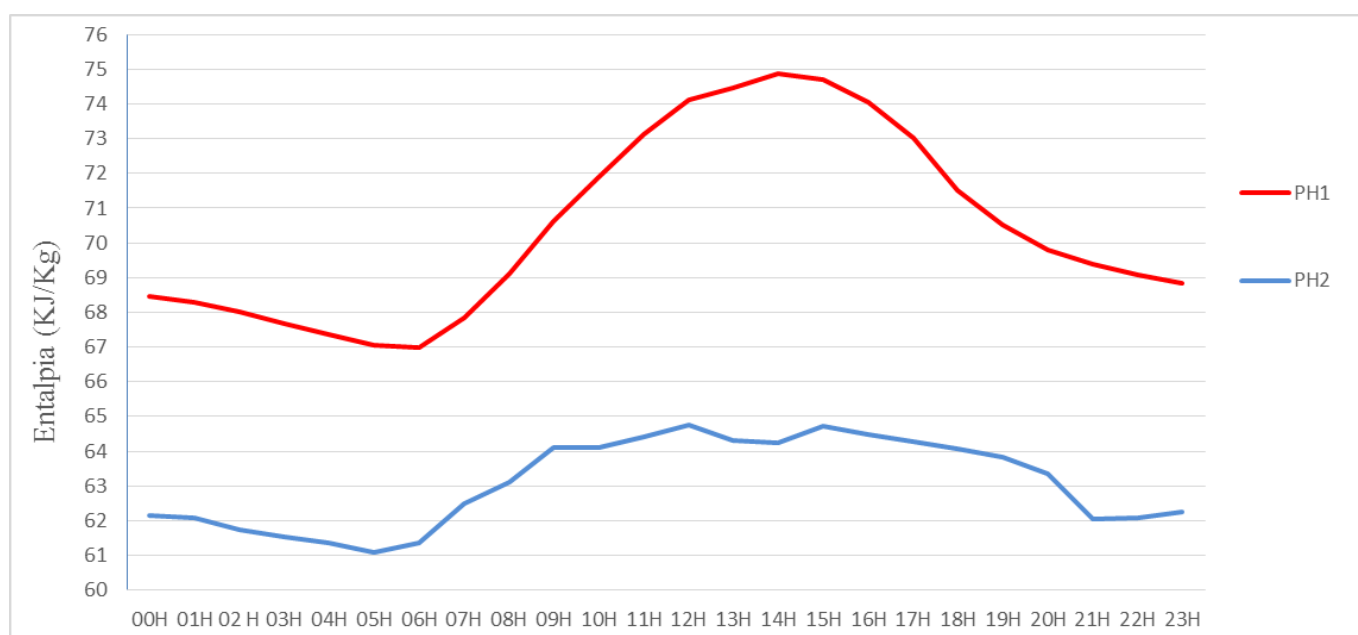


Figura 11. Valores médios de Entalpia (kJ/kg) das Packing Houses em função do tempo (horário).

O comportamento apresentado pela entalpia em ambas packing houses foi similar ao encontrado para os valores de ITU, onde a PH1 apresentou valores superiores em relação a PH2. Na PH1 foram encontrados valores de entalpia variando de 67,0 KJ/kg às 6h até 74,9 KJ/kg às 14h. Já na PH2 encontrou-se valores de entalpia variando de 61,1 KJ/kg às 5h até 64,8 KJ/kg às 12h. A entalpia média da PH2 foi de 63,1 KJ/kg enquanto na PH1 foi de 70,4 KJ/kg.

Os menores valores da entalpia, encontrados na PH2, estão, também, relacionados com o controle térmico por refrigeração no seu ambiente de seleção, aliado a seu isolamento térmico mais eficiente. Apesar desse isolamento, ainda assim percebe-se a ocorrência de maiores valores de entalpia ocorrendo nos horários onde há seleção de uvas na packing, de 8h até às 18h. Esse aumento da entalpia e também dos valores de ITU observados nessa faixa de horário em ambas packing houses é decorrente do aquecimento natural ocorrido no seu exterior ao longo do dia, além do aumento da carga térmica proveniente de sua ocupação por pessoas e aumento gradativo da quantidade de fruto retido nos packing houses.

Estudos a respeito da quantificação da entalpia em ambientes de packing houses são incomuns na literatura. Vasconcelos (2015) determinou e comparou os valores de entalpia de 3 packing houses de uvas de mesa na região do Submédio do Vale do São Francisco, onde dois deles possuíam climatizadores (resfriamento evaporativo) e um deles apenas com ventiladores (bem como o PH1). A packing house com ventiladores variou sua entalpia entre 70,1 KJ/kg e 76,1 KJ/kg e valores mais elevados nos horários de maior temperatura externam, comportamento e valores semelhantes ao encontrado na PH1. No entanto, os maiores valores de entalpia encontrados no estudo foram em uma das packing houses com resfriadores evaporativos, com valores de entalpia acima de 77,0 KJ/kg.

O índice de avaliação de conforto térmico Temperatura Efetiva (TE), muito utilizado para ambientes de trabalho, foi avaliado em ambas packing houses no horário de 9h até às 15h. Os menores valores encontrados de TE ocorreram às 9h em ambas instalações, onde para PH1

este valor foi de 24°C e para PH2 foi de 20,5°C. Das 10h até às 15h, os valores da TE para a PH2 se mantiveram constantes e igual a 21°C, enquanto na PH1 os valores da TE neste intervalo de tempo foram crescentes, de hora em hora, chegando ao valor máximo de 26,5°C às 15h. No geral, na PH1 a TE média encontrada foi de 25,6°C, enquanto na PH2 a TE média foi 20,8°C, para os horários avaliados.

Os valores de TE encontrados na PH2 estiveram sempre dentro da faixa de conforto térmico indicado pela NR-17, mínimo de 20°C e máximo de 23°C. Já para a PH1, os valores de TE encontrados estiveram sempre acima da zona de conforto térmico descrita, indicando um ambiente de trabalho desconfortável, salientando ainda que em ambas packing houses a velocidade do ar esteve sempre abaixo 0,75 m/s, máximo valor admitido como o ideal.

Os valores mais elevados de TE encontrados na PH1 e que estiveram fora da zona de conforto ambiental são devidos a ausência de equipamentos de controle térmico, que para a região seriam essenciais em função das elevadas temperaturas externas encontradas ao longo do ano e que, por si só, seriam suficientes para gerar desconforto térmico. A PH2, por possuir ambiente de seleção com temperatura controlada, conseguiu manter-se na faixa adequada de valores de TE e, com isso, possuiu ambiente de trabalho favorável, segundo a TE.

A tabela 2 exhibe os parâmetros da análise geoestatística: Modelo ajustado de semivariograma, efeito pepita, patamar, alcance e o grau de dependência espacial.

PH	Variável	Hora	Modelo	C0	(C0+C1)	A (m)	R ²	GDE (%)	Classificação do GDE
PH1	TEMP	9h	Gaussiano	0,04	0,24	33,52	0,68	17,25	Forte
		12h	Gaussiano	0,04	0,08	11,15	0,62	48,76	Moderada
		15h	Exponencial	0,04	0,09	21,57	0,57	49,94	Moderada
	UMI	9h	Gaussiano	0,44	0,88	24,30	0,76	49,94	moderada
		12h	Esférico	0,43	0,86	9,79	0,53	49,94	moderada
		15h	Exponencial	0,40	0,80	7,80	0,33	49,94	moderada
PH2	TEMP	9h	Esférico	0,05	0,37	23,26	0,89	12,70	Forte
		12h	Esférico	0,01	0,53	28,00	0,90	1,89	Forte
		15h	Esférico	0,00	0,61	28,29	0,94	0,16	Forte
	UMI	9h	Gaussiano	6,15	12,91	36,30	0,85	47,64	Moderada
		12h	Gaussiano	6,53	18,24	36,79	0,94	35,80	Moderada
		15h	Esférico	2,30	18,14	33,95	0,93	12,68	Forte

Co = Efeito Pepita; A = alcance; Co+C1 = Patamar; (GDE) = Grau de dependência espacial; R² = Coeficiente de determinação.

Tabela 2. Valores dos variogramas de temperatura e umidade do ar

Os resultados encontrados a partir da geoestatística mostraram que para ambas as packing houses e para todos os horários avaliados, o grau de dependência espacial das variáveis temperatura do ar e umidade relativa foram moderados ou forte, segundo a classificação de Cambardella et al. (1994).

Para a temperatura ambiente da PH1, percebe-se que os modelos ajustados aos semivariogramas apresentaram valores de R² não elevados, evidenciando uma baixa uniformidade dos valores encontrados. Este comportamento pode ser explicado devido a formação de microclimas no ambiente de seleção da PH1, em função da ausência de climatização e do contato próximo de trabalhadores com o equipamento de medição. Além disso, o efeito pepita observado para esta mesma variável na PH1 foi baixo, com valores próximos de zero, com o alcance máximo de 33,52 m sendo encontrado às 9h onde o modelo que melhor ajustou o variograma foi o gaussiano.

Para a PH2, como era de se esperar devido a presença da climatização no seu ambiente de seleção, os modelos ajustados para a variável temperatura ambiente, apresentaram elevados valores de R², evidenciando maior correlação deste parâmetro. O modelo que se apresentou

como mais eficiente na obtenção do variograma da temperatura foi, para todos os horários observados, o esférico, mantendo-se como característica de todos os horários o efeito pepita próximo a zero. O maior alcance encontrado foi 28,29 m às 15h e o menor 23,26 m às 9h, que são valores elevados e demonstram que a temperatura do ar na PH2 apresenta boa correlação espacial.

Para a umidade relativa na PH1, os modelos de ajuste do variograma foram o Gaussiano às 9h, esférico às 12h e o exponencial às 15h. Um valor de alcance elevado foi encontrado apenas às 9h, horário em que também foi encontrado o maior valor de R^2 , evidenciado que para este horário a umidade relativa apresentou boa correlação espacial. Para os demais horários, percebe-se que houve quedas consideráveis nos valores de alcance e também nos valores do R^2 , o que demonstra uma maior variabilidade dos valores de umidade relativa, além de baixa correlação espacial. Para às 15h, o valor de R^2 foi 0,33, sendo este o menor encontrado no estudo, reduzindo a precisão do processo de interpolação por Krigagem.

Quanto a umidade relativa na PH2, os modelos de ajuste do variograma foram o Gaussiano às 9h e 12h e o esférico às 15h. Foram encontrados elevados valores de R^2 para todos os modelos e horários, evidenciando ajustes eficientes e, além disso, os alcances foram também elevados concomitante a baixos efeitos pepita ao compará-lo com os valores alcances encontrados. Desta forma, os dados de umidade relativa da PH1 mostraram boa correlação espacial e apresentam elevada precisão para a interpolação por Krigagem.

Os mapas de isolinhas interpolados por krigagem, evidenciando o comportamento espacial da temperatura ambiente e da umidade relativa no setor de seleção da packing house 1 para os horários de 09h, 12h e 15h são exibidos na figura 12.

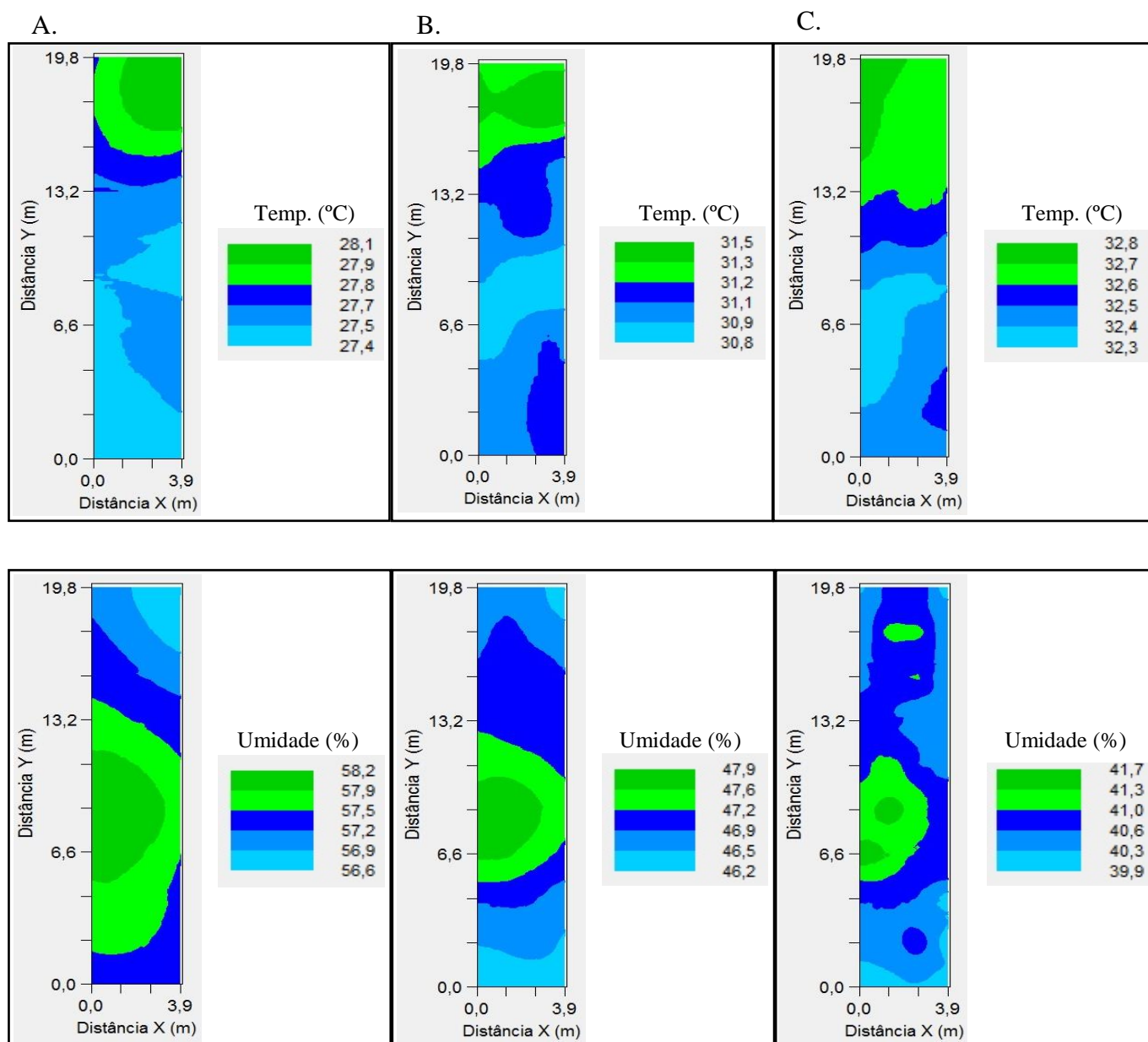


Figura 12. Krigagem da temperatura ambiente e da umidade relativa da packing house 1: (A) temperatura ambiente às 09h, (B) temperatura ambiente às 12h, (C) temperatura ambiente às 15h, (D) umidade relativa às 09h, (E) umidade relativa às 12h, (F) umidade relativa às 15h.

Ao se observar os mapas referentes a temperatura ambiente, percebe-se a presença de maiores valores deste parâmetro na extremidade final da área de seleção da packing house 1. Esta região, apesar de apresentar baixa densidade de trabalhadores que deveria ocasionar em uma menor carga térmica, está situada frontalmente a uma parede de envidraçado exterior da packing house. O envidraçado tem como característica baixo isolamento térmico, além de

permitir maior infiltração de radiação solar, proporcionando aumento da temperatura nesta região. No entanto, para as demais regiões internas da packing house, observa-se que, para todos os horários, não são encontradas grandes variações internas da temperatura (menores que 1°C) evidenciando uma boa uniformidade térmica do ambiente.

Para os mapas de umidade relativa do ar gerado por krigagem, percebe-se uma boa uniformidade nos valores de umidade relativa no ambiente de seleção da packing house 1, onde os maiores valores em todos horários observados aconteceram próximo ao portão de entrada da packing house, de onde provinha a principal entrada de ar no ambiente, os menores valores foram encontrados na extremidade frontal da packing house, onde se encontrava o envidraçado exterior e onde se localizaram os maiores valores de temperatura. Na região central do mapa, representando também a parte central da packing house, encontrou-se também valores mais elevados de umidade relativa, quando comparados aos valores obtidos nas regiões periféricas. Isto ocorreu devido a maior concentração de trabalhadores e, conseqüentemente, maior quantidade de fruto nesta região que tende a perder água para o ambiente quando não há equilíbrio climático entre eles.

Os mapas de isolinhas interpolados por krigagem, evidenciando o comportamento espacial da temperatura ambiente e da umidade relativa no setor de seleção da packing house 2 para os horários de 09h, 12h e 15h são exibidos na figura 13.

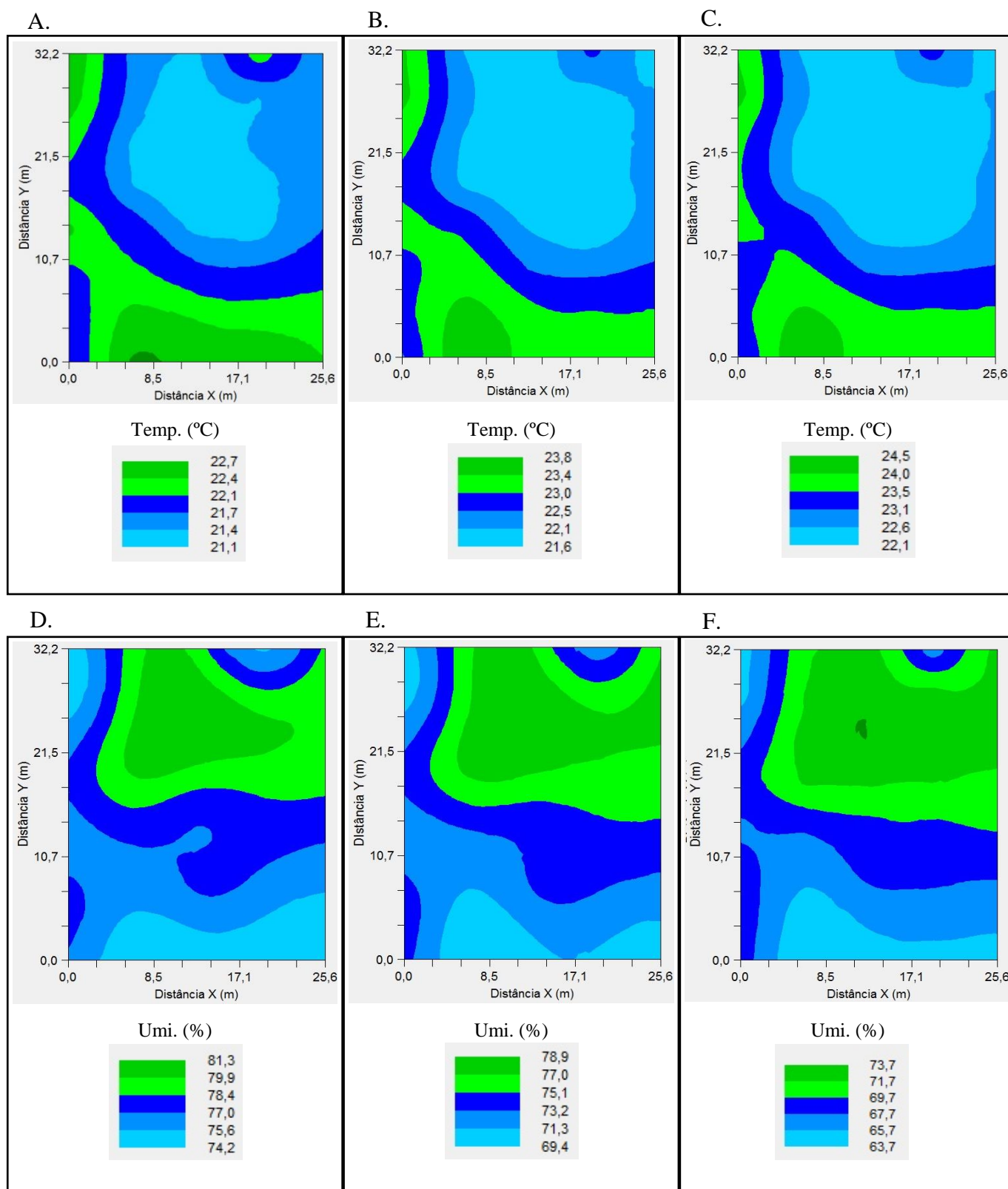


Figura 13. Krigagem da temperatura ambiente e da umidade relativa da packing house 2: (A) temperatura ambiente às 09h, (B) temperatura ambiente às 12h, (C) temperatura ambiente às 15h, (D) umidade relativa às 09h, (E) umidade relativa às 12h, (F) umidade relativa às 15h.

Ao observar os mapas de interpolação da temperatura no ambiente de seleção da packing house 2, percebe-se que os maiores valores encontrados estão situados na parte inferior da packing. Esta região está separada por uma parede com aberturas para passagem de fruto da área de recepção da packing house, de onde partem os caixotes de fruto para realização da seleção. A recepção, apesar de ser refrigerada, possui menor controle climático que ocasiona em temperatura mais elevadas nessa região o que, conseqüentemente, gera maior carga térmica na parte do ambiente de seleção que sofre maior interação com a recepção.

Na região central da área de seleção, pode-se perceber ao observar os mapas para todos horários observados, encontram-se as menores temperaturas da packing house 2. Isto ocorre devido ao posicionamento dos equipamentos condicionadores de ar que estão posicionados de maneira frontal, um para o outro, exaurindo o ar refrigerado de maneira contrária, ambos em direção ao centro da packing. Além disso, constata-se também que há menor uniformidade da distribuição espacial dos valores de temperatura na packing house 2 que na packing house 1, que pode estar relacionado com uma alocação ineficiente dos equipamentos responsável por climatizar o ambiente.

Avaliando os mapas de umidade relativa do ar, constata-se comportamento similar deste parâmetro em todos os horários avaliados. Os menores valores de umidade relativa encontrados coincidem com a região mais quente do ambiente de seleção da packing house 2. Já os maiores valores desta variável são encontrados na parte superior da packing, onde ocorre a paletização da fruta, onde este aguarda até o fim da jornada de trabalho para ser transportado até o corredor de resfriamento rápido. O acúmulo de fruto nessa região, pode estar relacionado com o aumento da umidade relativa do ar neste local.

CONCLUSÕES

1. A PH1 sempre apresentou temperaturas mais elevadas do que a PH2, além de que respondeu mais incisivamente a variações de temperaturas externas, demonstrando baixo isolamento térmico;
2. Na PH2 observou-se maiores valores de umidade relativa do ar que na PH1, acima também do obtido no seu ambiente externo, mostrando que um bom isolamento térmico contribui para manutenção da umidade oriunda do processo de desidratação da fruta;
3. Na PH2, os valores de ITU se mantiveram entre 20,5 e 21,6, valor muito próximo ao ideal para conforto dos trabalhadores, enquanto que na PH1 os valores de ITU variaram de 22,7 até 26,7 demonstrando desconforto térmico humano;
4. A entalpia média da PH2 foi de 63,1 KJ/kg, enquanto que na PH1 foi de 70,4 KJ/kg;
5. Os valores de temperatura efetiva encontrados na PH 2 estiveram sempre dentro da faixa de conforto térmico humano, enquanto que na PH 1 os valores de TE estiveram sempre na zona de desconforto térmico humano;
6. A PH 1 obteve temperaturas e umidade relativa do ar especialmente mais uniformes que na PH 2, apesar da climatização da segunda.
7. A PH 2 sempre apresentou condições climáticas, tanto para fruto quanto para conforto térmico humano, melhores que na PH 1 e muito próximas do ideal.

LITERATURA CITADA

Araújo, G. J. F.; Silva, M. M. Crescimento econômico no semiárido brasileiro: o caso do polo frutícola Petrolina/Juazeiro. *Caminhos da Geografia*, v. 14, n. 46, p.246-264, 2013.

Barbosa Filho, J. A. D.; Vieira, F. M. C.; Silva, I. J. O.; Garcia, D. B.; Silva, M. A. N.; Fonseca, B. H. F. Transporte de frangos: caracterização do microclima na carga durante o inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 12, p. 2442-2446, 2009.

Batiz, E. C.; Goedert, J.; Morsch, J. J.; Kasmirski-Jr, P.; Venske, R. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. *Produção*, v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009

Cambardella, C.A. et al. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.58, n.5, p.1501- 1511, 1994.

Carvalho, C. C. S.; Santos, T. C.; Silva, G. C.; Santos, L. V.; Moreira, S. J. M.; Botelho, L. F. R. Conforto térmico animal e humano em galpões de frangos de corte no semiárido mineiro. *Revista brasileira de Eng. Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 7, p.769-773, 2014.

Conceição, M. N.; Alves, S. P.; Telatin Junior, A.; Silva, I. J. O.; Piedade, S. M. S.; Savastano Júnior, H.; Tonoli, G. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 5, p. 536-539, 2008.

Dias, P. P.; Vital, T. W. O Desenvolvimento do Enoturismo no Vale do São Francisco: um segmento em expansão. *Turismo em Análise*, v. 23, n. 03, p.643-662, 2012.

Dikmen, S.; Hansen, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science*, v.92, p.109-116, 2009.

Embrapa. Cultivo da Videira. *Sistemas de produção*, v. 1, p. 61-75, 2004.

Freitas, N. de O.; Yano-Melo, A. M.; Silva, F. S. B. da; Melo, N. F. de; Maia, L. C. Soil biochemistry and microbial activity in vineyards under conventional and organic management at Northeast Brazil. *Scientia Agricola*, v. 68, n. 2, p.225-229, 2011.

Furtado, D. A.; Rocha, H. P.; Nascimento, J. W. B.; Silva, J. H. V. Índices de conforto térmico e concentração de gases em galpões avícolas no semiárido Paraibano. *Engenharia Agrícola*, v. 30, n. 6, p.993-1002, 2010.

Giles, D. B.; Balafouts, C.; Maheras, P. Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *International Journal of Biometeorology*, v. 34, n. 2, p. 98-104, 1990.

Leão, E. L. de S.; Moutinho, L. M. G.; Campos, L. H. R. Arranjo produtivo local da fruticultura irrigada do vale do Submédio do São Francisco, Pernambuco/Bahia: Fluxos comerciais e dinamismo local. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 9, n. 2, p.273-303, 2016.

Leão, P. C. de S.; Brandão, E. O.; Gonçalves, N. P. da S. Caracterização agrônômica e molecular do clone Itália Muscat no Submédio do Vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, n. 1, p.297-302, 2011.

Lulu, J.; Castro, J. V.; Júnior, M. J. P. Armazenamento refrigerado da uva de mesa 'Romana' (A1105) cultivada sob cobertura plástica. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 2, p.481-487, 2005.

Mascarenhas, R. de J.; Guerra, N. B.; Aquino, J. de S.; Leão, P. C. de S.; Maia, L. C. Qualidade sensorial e físico-química de uvas finas de mesa cultivadas no submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n. 2, p.546-554, 2013.

Rodrigues, V. C.; Silva, I. J. O.; Vieira, F. M. C.; Nascimento, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*, New York, p.455-459, 2011.

Rupp, R. F.; Vecchi, R.; Asmus, B. F.; Cândido, C.; Ghisi, E. Conforto térmico humano em escritórios com sistema central de condicionamento artificial em clima subtropical úmido: estudos de campo vs. abordagem analítica. *Ambiente Construído*, v. 17, n. 1, p.111-123, 2017.

Silva, E. P.; Cotta, R. M. M.; Souza, A. P.; Minetti, L. J.; Vieira, H. A. N. F. Diagnóstico das condições de saúde de trabalhadores envolvidos na atividade em extração manual de madeira. *Revista Árvore*, v. 34, n. 3, p.561-565, 2010.

Souza, A.; Pavão, H. G.; Lastoria, G.; Gabas, S. G.; Cavazzana, G. H.; Filho, A. C. P. Modelo de Thom para o zoneamento bioclimático de Mato Grosso do Sul. *Revista de Geografía Norte Grande*, v. 46, p.137-147, 2010.

Vasconcelos, O. C. de M. Microclima do setor de seleção de casas de embalagens de uva no Vale do Submédio São Francisco. Juazeiro: UNIVASF, 2015. 95p. Dissertação de Mestrado.

CONCLUSÕES GERAIS

De uma maneira geral, pelo presente estudo pode-se afirmar que: não se identificou relação de proporcionalidade entre consumo de energia elétrica nas áreas de seleção das packing houses com a produtividade; A refrigeração da área de seleção em conjunto com a automatização das esteiras de transporte não elevou a produtividade média do trabalhador; A Packing house com área de seleção climatizada apresentou sempre melhores condições térmicas para manutenção da qualidade da uva e para o desenvolvimento das atividade laborais.