



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

**Avaliação do comportamento térmico de
pavilhões de produção de frangos em
Moçambique**

Milton Graciete Manuel de Gussule

Orientação: Professora Doutora Fátima de Jesus
Folgôa Baptista

Mestrado em Engenharia Agronómica

Dissertação

Évora, 2018



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

Avaliação do comportamento térmico de pavilhões de produção de frangos em Moçambique

Milton Graciete Manuel de Gussule

Orientação: Professora Doutora Fátima de Jesus
Folgôa Baptista

Mestrado em Engenharia Agronómica

Dissertação

Évora, 2018

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento da produção avícola no mundo, em África e em Moçambique	2
1.2 Sistema de produção de frangos em Moçambique.....	4
1.3 Clima das regiões tropicais e de Moçambique e a influência sobre a produção avícola.....	6
1.4 Instalações para produção de frangos.....	7
1.5 Apresentação do problema	8
2. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA	11
2.1 Efeito da Temperatura e humidade no conforto térmico.....	11
2.2 Densidade dos frangos	14
2.3 Ventilação.....	15
2.4 Comportamento da envolvente	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Caracterização dos pavilhões para produção de frangos	20
3.2 Avaliação do desempenho térmico dos aviários de construção tradicional... ..	22
3.3 Recolha de dados climáticos no interior de aviários na fase inicial dos frangos.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Descrição das instalações	30
4.2 Desempenho térmico dos aviários de construção tradicional	42
4.2.1 Província de Maputo	43
4.2.1.1 Pequeno produtor	44
4.2.1.2. Médio produtor	48
4.2.2 Província de Nampula.....	51
4.2.2.1 Pequeno Produtor.....	52
4.2.2.2. Médio produtor	55
4.2.3 Comparação das condições ambientais nos pavilhões de produção de frangos nas províncias de Maputo e Nampula.....	57
4.3. Temperatura do ar medida nos aviários da província de Maputo.....	61
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
7. ANEXOS	76

Índice de figuras

Figura 1. Localização de Moçambique	1
Figura 2. Distribuição da produção de frango no mundo	2
Figura 3. Diagrama do consumo total de frango em Moçambique	4
Figura 4. Médias climáticas mundiais	7
Figura 5. aviários de produtor integrado da higest moçambique onde foram recolhidos dados climáticos a) PAV1, (b) PAV 2.....	28
Figura 6. Pavilhões com cortinas acionada por manivela (a) e cordões em roldanas (b)33	
Figura 7. Abertura cumeeira descontínua (a) e contínua (b)	36
Figura 8. Aviário com cumeeira contínua com sobreposição	36
Figura 9. Aviário com paredes de argila misturada (taipa) da extremidade (a) e da lateral (b)	37
Figura 10. Aviário com ventiladores no meio (a) e fixados na parede da extremidade (b)	39
Figura 11. Caldeiras a lenha (a) e por geradores de ar quente (b).....	39
Figura 12. Comedouros e bebedouros manuais de metal (a) e bebedouros manuais plástico (b) dos pequenos produtores.....	40
Figura 13. Bebedouros tubulares (a) e bebedouros pendulares (b) nos médios produtores.	40
Figura 14. Pavilhão com isolamento e térmico inclinado (a) e em formato curvilíneo (b)	41
Figura 15. Comedouros e bebedouros automáticos (a) e gerador de ar quente portátil (b)	42
Figura 16. Vista da parede sem revestimento (reboco)	45
Figura 17. Vista da parede com reboco	48
Figura 18. Constituição da parede de argila ou Taipa lateral (a) e da extremidade (b)..	52

Índice de tabelas

Tabela 1. Produção de frango nas províncias de Moçambique (%) (adaptado dos dados do MEF, 2016).....	5
Tabela 2. Estrutura de produção de frango de corte em Moçambique (Nicolau, 2011)...	5
Tabela 3. Valores ideais de temperatura e humidade relativa do ar em função da idade dos frangos (Abreu e Abreu, 2001).....	12
Tabela 4. Efeitos de densidade populacional no desempenho de frangos (Santos et al., 2005).....	14
Tabela 5. Densidade de frangos (Cobb, 2012)	15
Tabela 6. Mortalidade pelo efeito da passagem de calor pela cobertura (Donald, 2008)	18
Tabela 7. Questionário utilizado para o levantamento de dados junto dos produtores ..	21
Tabela 8. Definição dos grupos de produtores de acordo com o número de frangos em produção	22
Tabela 9. Dimensões dos pavilhões do produtor integrado.....	28
Tabela 10. Densidade de frangos nas explorações visitados nas regiões de Maputo e Nampula	31
Tabela 11. Dimensões características dos aviários analisados	32
Tabela 12. Altura da cumieira e da parede lateral (murete)	33
Tabela 13. Tipos de materiais usadas nos pilares de sustentação.....	34
Tabela 14. Material usado no telhado e existência de aberturas na cobertura.....	35
Tabela 15. Características da parede	37
Tabela 16. Sistema de ventilação e fontes de aquecimento.....	38
Tabela 17. Densidade média de frangos por bando para as províncias de Maputo e Nampula	43
Tabela 18. Dados climáticos para a província de Maputo.....	43
Tabela 19. Temperaturas de projeto para a província de Maputo	44
Tabela 20. Característica dos aviários tipo para a província de Maputo.....	44
Tabela 21. Balanço térmico na condição de verão para o pequeno produtor na Província de Maputo.....	46

Tabela 22. Balanço térmico na condição de inverno para o pequeno produtor na Província de Maputo	47
Tabela 23. Balanço térmico na condição de verão para o médio produtor na Província de Maputo.....	49
Tabela 24. Balanço térmico na condição de inverno para o médio produtor na Província de Maputo	50
Tabela 25. Dados climáticos para a região de Nampula.....	51
Tabela 26. Temperaturas de Projeto para a Província de Nampula.....	51
Tabela 27. Características do aviário tipo para a Província de Nampula	52
Tabela 28. Balanço térmico na condição de verão para o pequeno produtor na Província de Nampula.....	53
Tabela 29. Balanço térmico na condição de inverno para o pequeno produtor na Província de Nampula.....	54
Tabela 30. Balanço térmico na condição de verão para o médio produtor na Província de Nampula	55
Tabela 31. Balanço térmico na condição de Inverno para o médio produtor na Província de Nampula.....	56

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Temperatura máxima do ar interior estimada para os pavilhões de Nampula e Maputo na situação de verão	57
Gráfico 2. Distribuição relativa dos ganhos de calor nos pavilhões de Nampula e Maputo na situação de verão.....	59
Gráfico 3. Temperatura mínima do ar interior estimada para os pavilhões de Nampula e Maputo na situação de inverno	60
Gráfico 4. Distribuição relativa das trocas de calor do ar interior para os pavilhões de Nampula e Maputo na situação de inverno	61
Gráfico 5. Variação da temperatura de inverno no mês de junho e setembro do pavilhão 1 entre as 00:00 e as 03:00h.....	62
Gráfico 6. Variação da temperatura nos meses de junho e setembro no pavilhão 2 entre as 0:00 e as 03:00h	63
Gráfico 7. Variação da temperatura de verão nos meses de junho e setembro no pavilhão 1 entre as 12:00h e 15:00h.....	64
Gráfico 8. variação da temperatura de verão nos meses de junho e setembro do pavilhão 2 entre as 12:00 e 15:00h.....	65

Abreviaturas

Qan	Calor sensível produzido pelos animais.....	W
QB	Trocas de calor pela envolvente.....	W
QBc	Ganhos calor pela cobertura (radiação solar).....	W
QBp	Ganhos calor pela paredes.....	W
Qv	Trocas de calor devido à ventilação (sensível).....	W
Qsen	Calor sensível libertados pelos frangos.....	W/frango
Δt_{e-P}	Diferenças efetivas de temperatura da parede.....	$^{\circ}\text{C}$
ΔT_{e-c}	Diferenças efetivas de temperatura da cobertura.....	$^{\circ}\text{C}$
f	Fator de concentração de perdas.....	-
I	Fator de inércia do edifício.....	-
Rg	Resistência térmica global da parede.....	$\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Rse	Resistência térmica superficial externa.....	$\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Rsi	Resistência térmica superficial interna.....	$\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{W}$
li	Espessura da parede.....	m
ki	Condutividade térmica.....	$\text{W}/\text{m } ^{\circ}\text{C}$
U	Coefficiente de transmissão térmica global parede.....	$\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$
Av	Área de ventilação.....	m^2
Cv	Caudal de Ventilação.....	m^3/s
P	Taxa de produção interna do poluente.....	kg/s
Ci	Concentrações do poluente no interior	ppm
Ce	Concentrações do poluente no exterior.....	ppm
Naq	Necessidade de aquecimento	W
Narr	Necessidade de arrefecimento	W

Agradecimentos

Em primeiro lugar, grato a Deus por ter tornado possível a realização deste trabalho.

À minha família, em especial aos meus pais, ao meu irmão e ao meu filho, um enorme obrigada por acreditarem sempre em mim e naquilo que faço e por todos os ensinamentos de vida. Espero que esta etapa, que agora termino, possa, de alguma forma, retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que, constantemente, me oferecem. A eles, dedico todo este trabalho.

Agradeço ao instituto de Bolsa de Moçambique e particularmente ao Camões - Instituto da Cooperação e da Língua pelo suporte financeiro dado durante o período da formação. Agradeço a minha orientadora, a Professora Fátima Baptista, pela disponibilidade, atenção, dedicação e profissionalismo dado no decorrer deste trabalho.

Ao coordenador do mestrado em Engenharia Agronómica, Professor Doutor Luís Leopoldo da Silva, agradeço a oportunidade e o privilégio que tive em frequentar este mestrado que muito contribuiu para o enriquecimento da minha formação académica e científica.

Agradeço também a todos os meus colegas de curso, em especial à Maria Grácio, à Magda Azevedo e a Ana Carolina, pela vossa amizade, companheirismo e ajuda, fatores muito importantes na realização desta tese e que me permitiram que cada dia fosse encarado com particular motivação.

Ao Dr. Marcos Alves da Empresa Higest Moçambique pelo apoio dado durante as visitas de campo e pela partilha de dados para a dissertação, bem como ao Sr. Orlando Paulino, da Empresa Frango King e Novo Horizontes pelo material e pela disponibilização de informação.

Aos Meus Amigos, em especial à Maísa Almeida pelos intermináveis desabafos e pela partilha dos bons (e menos bons) momentos.

Avaliação do comportamento térmico de pavilhões de produção de frangos em Moçambique

Resumo

Em Moçambique a carne de frango representa a maior fonte proteica, entretanto a produção está longe de satisfazer as necessidades, pois enfrenta dificuldades na adequação das construções às características climáticas.

O objetivo do trabalho foi caracterizar e avaliar o desempenho térmico dos pavilhões de produção de frango em Moçambique nas Províncias de maior produção.

Os tipos de pavilhões de modo geral apresentaram baixo nível tecnológico e do tipo abertos, representando 83,3%. A principal entrada de calor ocorre pela ventilação e pela cobertura, constituída principalmente por chapa metálica de zinco, alcançando temperaturas estimadas por meio de balanço térmico que variam de 37°C a 44°C mostrando-se inapropriadas, principalmente na fase adulta, sem recurso ao arrefecimento.

Os dados reais obtidos dos pavilhões na província de Maputo, revela pintos em stress por frio principalmente a noite, resultante de mau aquecimento e menos preocupante durante o dia associado a temperatura mais alta do exterior.

Palavras-Chave: Moçambique, condicionamento ambiental, aviários de frangos, conforto térmico, stress térmico.

Evaluation of the thermal behavior of chickens in Mozambique

Abstract

In Mozambique chicken meat represents the largest protein source, however this production is still far from satisfying the needs, as it faces difficulties in the adequacy of buildings to the predominant climatic characteristics

The objective of this work was to characterize and evaluate the thermal performance of chicken production pavilions in Mozambique in the most productive Provinces.

The types of pavilions in general had low technological level and open type, representing 83.3%. The main heat input occurs through ventilation and roofing, consisting mainly of zinc metal plate, reaching temperatures estimated by means of thermal balance ranging from 37°C to 44°C proving to be inappropriate, especially in adult phase, without the use of cooling.

The actual data obtained from the pavilions in the province of Maputo reveals chickens in stress due to cold mainly at night, resulting from poor heating and less worrying during the day associated with higher outdoor temperature.

Key words: broilers in Mozambique, environmental control, broiler housing, thermal comfort, heat stress

1. INTRODUÇÃO

Moçambique localiza-se na Costa Sudeste do Continente Africano, tendo como limites a Leste o Oceano Índico, a Norte a Tanzânia, o Malawi e a Zâmbia, a Oeste o Zimbabué e a África do Sul, e a Sul este último País e a Swazilândia. Ocupa uma área continental de 786.380 km², que corresponde a cerca de 2,6% da superfície do continente africano que é de aproximadamente 30 milhões de km² (figura 1).



Figura 1. Localização de Moçambique

Fonte: Governo de Moçambique junto das Nações Unidas, Genebra

De acordo com os resultados preliminares do Censo de 2017, Moçambique possui 28 861 863 habitantes (INE, 2017). Cerca de 80% da população está envolvida em atividades agrícolas, sendo a criação de frango uma atividade complementar. A avicultura é um dos segmentos da agropecuária que mais contribui para cobrir o défice de proteína, para a promoção da segurança alimentar, na geração de rendimento e de emprego, e do crescimento económico do país (MEF, 2016).

Os investimentos de origem pública, privada e através de Organizações não Governamentais (NGOs) efetuados nos últimos dez anos (desde 2005) nos processos de produção e transformação industrial dos produtos agrícolas de Moçambique ascendeu, oficialmente, ao montante aproximado de 16 mil milhões de Dólares, sendo destaque para a avicultura com um potencial crescimento de mais de 200 milhões de Aves/Ano e contributos em 650 milhões de dólares ao PIB no agro-negócio (Pereira, 2011).

1.1 Enquadramento da produção avícola no mundo, em África e em Moçambique

Em 1970 cerca de 70% da produção mundial de carne de frango estava concentrada no Hemisfério Norte. Ao longo dos anos esta situação foi alterada, sendo atualmente os Países em desenvolvimento que ocupam essa posição. Na figura 2, pode verificar-se a distribuição e uma concentração de grandes produções de frango principalmente no continente Asiático, depois no continente Americano e ainda em estágio de consolidação em África.

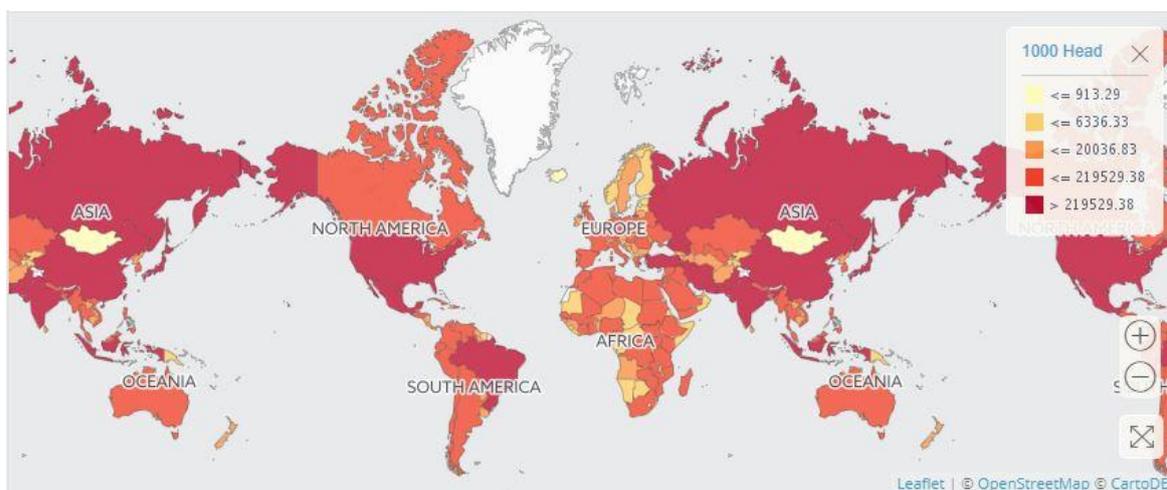


Figura 2. Distribuição da produção de frango no mundo

Fonte: FAOSTAT

Estima-se que em África a utilização dos sistemas de produção intensivos desenvolvidos para raças especializadas, é de cerca de 30% e encontram-se sobretudo nas zonas urbanas e periurbanas, onde existem bons mercados para os ovos e carne de frango. Estes sistemas

requerem maiores investimentos tanto de capital como de mão-de-obra especializada, em investigação sobre incubação artificial, necessidades nutricionais e controlo das doenças (Eekeren, 2006).

Embora muitos países Africanos possam estar a crescer a partir de uma base baixa, eles estão em progressivo crescimento, tendo implicações claras no aumento dos padrões de vida e uma maior procura de carne. Por exemplo, o crescimento da produção de frangos na África do Sul nos últimos 10 anos foi de 38,8 %. Isso é representativo da maioria dos Países do continente Africano, sendo este crescimento originado pela entrada no mercado de elevado número de pequenos produtores (Oosthuysen , 2013).

Em Moçambique o consumo de carne de frango é baixo, em torno de 2 kg per capita e por ano (Agrix, 2014), comparativamente à média mundial de 13,5 kg por pessoa e ano (OCDE / FAO 2017). Representa grande potencial de crescimento, visto que o consumo per capita de frango é ainda muito baixo quando comparado com outros países da região, como a África do Sul com média 20 vezes superiores (Mosca, 2016). Esta importância acentua-se, pois em muitos países Africanos, os ovos e a carne de aves são importantes fontes de proteína animal, particularmente em Moçambique, onde dois terços do território estão infestados com a mosca tsé-tsé que limita a produção de gado (Mata, 2000) e onde a peste suína africana é endémica, pelo que praticamente não existe produção de carne de porco à escala comercial (Agrix, 2014).

A produção de frangos cresceu fortemente nos últimos 5 a 10 anos em Moçambique, visto que no início deste século, dependia em 65% das importações para cobrir as necessidades de carne de frango e nos últimos dez anos, essa dependência foi reduzida para 25% (Vernooij et al. 2016). Com base na análise dos dados de produção e importação de frango por Moçambique é possível inferir os volumes de consumo aparente, pressupondo um total de 90 000 toneladas, dos quais 62 000 toneladas ou 70% são produzidos no País (MEF, 2016).

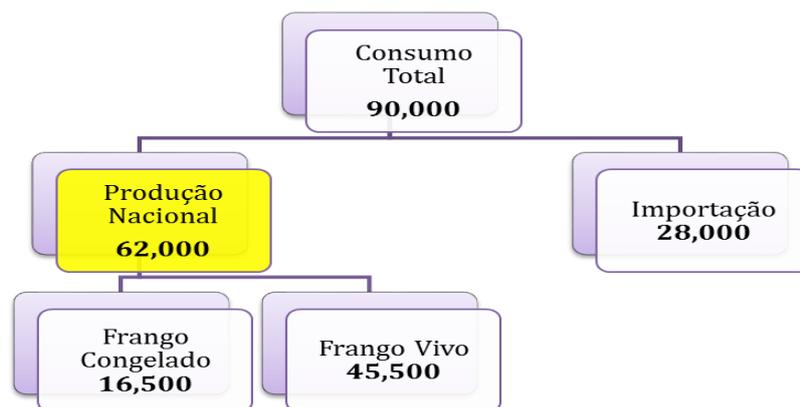


Figura 3. Diagrama do consumo total de frango em Moçambique

Fonte: Ministério de Economia e Finanças (MEF, 2016)

Existem em Moçambique cada vez mais criadores pecuários, prevendo-se um crescimento de 7% nos efetivos bovinos, 5% nos pequenos ruminantes, 5% para suínos e 10% para frangos, resultado da massificação da atividade de fomento pecuário, assim como a prevenção e controle das principais doenças, bem como melhoria nas ações de manejo (PES, 2013). Segundo o programa de intensificação da produção pecuária (2015-2019) como resultado das ações de intensificação, espera-se que o atual défice no consumo de Moçambique de carne bovina, carne de pequenos ruminantes e frango seja coberto pela produção local (DNSV, 2013). No entanto, o desenvolvimento desta produção ainda está longe de satisfazer as necessidades da população Moçambicana, pois a indústria avícola enfrenta uma série de desafios, em particular relacionados com aspetos de gestão, deficiências nutricionais dos animais, de sanidade e condições climáticas adversas de Moçambique.

1.2 Sistema de produção de frangos em Moçambique

Segundo o MEF (2016) relativamente a dados do ano de 2014, mostram que a província de Maputo foi a principal produtora de carne de aves com uma produção de 36 507 toneladas (57,4% da produção total), seguindo-se a província de Manica, com 11 858 toneladas (18,6%) e a província de Nampula com 11 224 toneladas (17,6%). As províncias de Niassa, C. Delgado, Zambézia, Tete, Sofala, Inhambane e Gaza apenas

tiveram uma comparticipação de 6,4 %. Referenciar que a produção assenta no sector familiar, estatal, privado e cooperativo, do qual o sector privado é o mais representativo na região de Manica e Nampula com 16,7% e 14,8% respectivamente, enquanto o sector cooperativo domina na região de Maputo (32,1%), como apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Produção de frango nas províncias de Moçambique (%) (adaptado dos dados do MEF, 2016)

	% Em relação ao País		% Em relação ao País		% Em relação ao País	
	Manica	Maputo	Nampula			
Total do País	18,6	57,4	17,6			
Familiar	10	1,8	17	9,7	15,4	2,7
Estatal	0	0	0	0	0	0
Privado	90	16,7	27	15,4	84,6	14,8
Cooperativo	0	0	56	32,1	0	0

No sector avícola de Moçambique 3 empresas, incorporam todas as partes da cadeia de produção, nomeadamente a Higest na zona Sul, a Abílio Antunes na zona Centro, e a Novos Horizontes/Frango King na zona Norte. Todos os outros operadores atuam apenas numa ou em várias partes da cadeia, mas não em todas, existindo em particular uma relativa dispersão de produtores de pintos e de ração. No geral, no que diz respeito à cadeia produtiva, a incubação e produção de ração, aparecem como os pontos mais dinâmicos, de maior atividade e competitividade (Vernooij et al. 2016).

Segundo Nicolau (2011) a criação de frango em Moçambique é realizada por três tipos de produtores que foram identificados, classificados e agrupados de acordo com a faixa de produção, como ilustrado na tabela 2. O agrupamento não considerou a heterogeneidade de sistemas e tecnologias de produção empregados pelos diferentes tipos de produtores.

Tabela 2. Estrutura de produção de frango de corte em Moçambique (Nicolau, 2011)

Grupo de produtor	Número de Frangos / ciclo	% de criadores	Participação na produção nacional (%)
1º (Pequeno)	até 5000	70	50
2º (Médio)	de 5001 a 50000	20	10
3º (Grande)	acima de 50000	10	40

O 1º grupo é formado pelos pequenos produtores, que na sua maioria criam frangos de forma sazonal, sempre próximo à quadra festiva. Pode ser considerado o grupo informal da cadeia produtiva avícola de Moçambique. Em termos percentuais, representa 70% do total de produtores avícolas e estima-se que contribui com 50% do total da produção no país. Esses produtores criam as aves usando tecnologia simples, utilizam mão-de-obra familiar e estão localizados ao redor dos grandes centros urbanos e, portanto, junto dos consumidores.

O 2º grupo é representado pelos médios produtores, que têm uma produção contínua ao longo do ano e apresentam características técnico-produtivas e comerciais intermédias entre a produção familiar do 1º e a industrial do 3º grupo. Preocupam-se com questões de manejo, sanitárias e de qualidade e representam 20% do total de produtores do país e são responsáveis por 10% do total da produção.

O 3º grupo é constituído por diferentes tipos de empresas avícolas que representam 10% do total de produtores e 40% da produção total do país. Este grupo, em função da sua estrutura produtiva, pode subdividir-se em empresas que se dedicam à engorda e ao abate de frangos e empresas que detém todo o processo produtivo, desde a produção de ovos até o abate.

1.3 Clima das regiões tropicais e de Moçambique e a influência sobre a produção avícola

Os efeitos da temperatura e da humidade nas aves tornam aparente que, na maioria das áreas do Leste e Sudeste de África, a principal preocupação ambiental é manter temperaturas amenas face as altas temperaturas (FAO, 2011).

Considerando que Moçambique se encontra localizado na região de clima tropical, como ilustra a figura 4, apresenta médias de temperatura que oscilam entre 20°C a 25°C ao longo do ano e no verão (entre dezembro e fevereiro), as máximas diárias chegam a atingir 38° a 40° C (Muchagos, 1999).

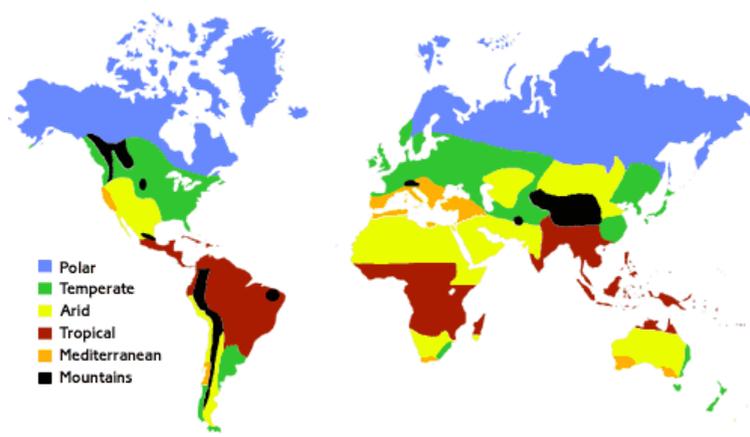


Figura 4. Médias climáticas mundiais

Fonte: UNEP (2006)

Sob as condições climáticas descritas, maior deve ser o cuidado com o stress por calor do que propriamente por frio, necessitando-se de mecanismos de produção, como pavilhões condicionados, pois esses valores, especialmente no que se refere à temperatura, dificilmente são obtidos naturalmente nas condições do clima de Moçambique, sobretudo no verão.

1.4 Instalações para produção de frangos

As instalações são responsáveis pelo microclima interno dos aviários, tornando-se necessário conhecer os diferentes materiais empregues nessas instalações, pois essas informações são relevantes para que possam estudar formas de aprimorar os materiais e até mesmo buscar materiais alternativos (Cravo et al., 2012).

As melhorias nos sistemas de alojamento de aves em países em desenvolvimento concentraram-se no fornecimento de um ambiente que satisfaça os requisitos térmicos. As aves têm pouca capacidade de controlar a temperatura corporal, e exigem alguma forma de aquecimento, particularmente nos primeiros dias de vida. Por outro lado, muitos países em desenvolvimento estão localizados em áreas tropicais onde é necessário um arrefecimento, particularmente na fase adulta (Glatz e Pym, 2013).

Em Moçambique os pontos mais importantes considerados são a área por animal (densidade animal), garantindo uma boa ventilação para garantir um clima saudável e, de

preferência constante dentro dos aviários pela manipulação das cortinas para fechar as paredes de malha de arame (Vernooij et al, 2016).

1.5 Apresentação do problema

Tecnicamente a avicultura pode ser desenvolvida em qualquer parte de Moçambique, quaisquer que sejam as condições climáticas reinantes na prática, o que irá variar são os custos, a complexidade e o maneiio das instalações. Mas por mais favorável que seja o clima, alguns itens devem ser observados ao definir-se a localização de uma produção de frangos, visando a diminuição dos custos da instalação, bem como a facilidade no seu maneiio, o que, em última instância proporciona menor custo do produto final (Gaspar, 2013).

Muitos dos modelos de aviários implantados na avicultura Moçambicana resultaram de inovações introduzidas por técnicos e criadores baseados em tecnologias utilizadas noutros países e no conhecimento empírico. No entanto, essas tecnologias nem sempre se revelaram adequadas às características climáticas predominantes, e que atenda a todas as variações climáticas em Moçambique.

Por razões económicas ou mesmo por desconhecimento, muito pouca atenção se tem dado ao planeamento e conceção arquitetónica compatíveis com a realidade climática das regiões de Moçambique, principalmente em relação ao isolamento térmico na cobertura, porque os avicultores tendem a acreditar que seja desnecessário e antieconómico.

Pelo facto de a ventilação natural ser o meio mais utilizado pelos avicultores para controlo da temperatura, principalmente de altas temperaturas nos aviários, faz com que as condições ambientais internas se mantenham altamente dependentes das variações térmicas diárias da temperatura exterior. Em consequência, as construções são predominantemente quentes no verão, gerando condições de desconforto térmico quase permanente aos frangos, com prejuízo considerável da produção.

Todos os anos produções avícolas são prejudicadas por situações de stress provocado pelo calor. Embora o problema varie consoante a estação do ano e a sua duração, os seus efeitos do ponto de vista económico são significativos para o produtor de frango, os quais se vêm

assim prejudicados, principalmente sempre próximo à quadra festiva, que coincide com o período de verão, registrando temperaturas bastante elevadas e conseqüentemente alta taxa de mortalidade. Por outro lado, as baixas temperaturas durante os primeiros dias de vida dos pintos, quando ainda não conseguem fazer a termorregulação tem sido um problema em várias empresas, como a Higest Moçambique, resultando em elevadas taxas de mortalidade, chegando por vezes a valores de 20% e 30%. A responsabilidade tem sido imputada ao produtor integrado, que estando ausente durante a noite deixam a responsabilidade com os empregados, que negligenciam o facto de garantir aquecimento homogéneo em todo pavilhão.

1.6 Objetivos

Do exposto, este trabalho busca abordar a conceção arquitetónica dominante ou mais frequente dos pavilhões de frangos, bem como a avaliação do comportamento térmico, visando contribuir para um melhor acondicionamento térmico ambiente, compatível com as diferentes regiões climáticas Moçambicanas.

Objetivo Geral

Caracterizar e avaliar o desempenho térmico dos pavilhões de produção de frango em Moçambique.

Objetivos específicos

- Descrever e discutir os vários tipos de instalações (aviário comercial tipo)
- Avaliar o desempenho térmico dos pavilhões de construção tradicional e relacioná-los com a temperatura aconselhada para as condições de conforto térmico para a primeira e quarta semanas de idade.
- Avaliar a temperatura do ar no interior de pavilhões de frangos durante a primeira semana de vida, em condições de exploração real, e comparar com a temperatura aconselhada na bibliografia.

2. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

Neste capítulo apresenta-se o estado da arte relativamente aos principais fatores ambientais e construtivos que influenciam o comportamento e bem-estar dos frangos e por isso são de grande importância para a produtividade.

2.1 Efeito da Temperatura e humidade no conforto térmico

Dentre os fatores do ambiente, os térmicos são os que afetam mais diretamente o frango, pois comprometem uma das suas funções vitais, que é a manutenção de sua homeotermia (Tinôco, 2001). Para Etches et al. (2008) a temperatura corporal dos frangos apresenta o limite superior de cerca de 41,5 °C e o limite inferior de 40,5 °C, podendo a temperatura corporal aumentar por 1 ou 2 ° C quando exposto a um ambiente quente ou realizando atividade física vigorosa. Já Dagher (2008) refere que no frango adulto, a temperatura flui entre 40,5 e 41,9 °C e nos pintos do dia têm uma temperatura corporal entre 37,6 e 39 °C.

A temperatura do ar para o conforto térmico para a primeira semana de vida dos frangos encontra-se entre 32 e 34 °C e para a segunda entre 28 e 32 °C (Menegali et al., 2009). De acordo com Cassuce (2011), com base na análise dos resultados de desempenho, índice de globo negro e humidade (ITGU), comportamentais e fisiológicos, a temperatura de conforto para frangos nas três primeiras semanas de vida são de 31,3°C para 1ª semana, 26,3 e 27,1°C para 2ª semana, e entre 22,5 e 23,2 °C para 3ª semana. Segundo Fabrício (1994) as temperaturas ambientais ideais para frangos são 31 °C para fase inicial, 24 °C com 21 dias de idade e de 21 °C para idade de 31 dias até ao abate. O mesmo foi registrado por Macari (1996) com temperaturas de 31°C e 26 °C para idade de 1 e 4 semanas, respetivamente.

Para Oliveira et al. (2006) a zona de conforto térmico para os pintos de 1 a 7 dias de vida situa-se entre 31 e 33°C diminuindo para 21 a 23°C para 35 a 42 dias, considerando a humidade relativa do ar entre 65 a 70%.

Com o desenvolvimento do frango, e o desenvolvimento do sistema termorregulador, bem como o aumento da reserva de energia, a temperatura ótima para os frangos desce gradualmente. Olanrewaju et al. (2010) refere a descida de 24°C aconselhado para as 4

semanas até aos 18°C aconselhado para as 6 semanas. A tabela 3 mostra a temperatura e humidade relativa do ar aconselhada em função da idade dos frangos segundo Abreu e Abreu (2001)

Tabela 3. Valores ideais de temperatura e humidade relativa do ar em função da idade dos frangos (Abreu e Abreu, 2001)

Idade (semanas)	Temperatura Ambiente (°C)	Humidade relativa (%)
1	32 – 35	60 - 70
2	29 – 32	60 - 70
3	26 – 29	60 - 70
4	23 – 26	60 - 70
5	20 – 23	60 - 70
6	20	60 - 70
7	20	60 - 70

Segundo Oliveira et al. (2006) altas temperaturas do ar prejudicam o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos, sendo que esses efeitos são mais acentuados pelo aumento da humidade relativa do ar. A falta de tolerância ao calor dos frangos é frequentemente medida por um aumento na mortalidade ou morbidez que são o resultado, principalmente do fracasso cardiovascular ou renal, incluindo o desequilíbrio ácido-base e outras deficiências metabólicas orgânicas (Mazzi et al., 2002).

A exposição ao calor ocasiona stress térmico, uma vez que reduz a capacidade do frango em trocar calor sensível com o meio (Dieyeh, 2006). Em torno de 41°C, a eficiência dos meios sensíveis de troca de calor decresce e o mecanismo principal de perda de calor passa a ser o processo de evaporação de água pelo trato respiratório (Santos et al., 2012). As formas latentes de troca de calor são acionadas, uma vez que as formas sensíveis deixam de ser efetivas no balanço homeotérmico à medida que a temperatura ambiente se aproxima da corporal (Baêta, 1998). O facto de os frangos aumentarem a transferência de calor por evaporação com auxílio da ofegação tem custo energético elevado, ou seja, deprimem a taxa de crescimento e a eficiência alimentar (Borges et al., 2003).

As altas temperaturas reduzem o consumo de alimento prejudicando o desempenho dos frangos. Já baixas temperaturas, podem melhorar o ganho de peso, mas à custa de elevada conversão alimentar (Furlan et al., 2000). Os pintos que são alojados a temperaturas ligeiramente mais baixas, consumirão mais alimentos do que os que são submetidos a temperaturas adequadas, uma vez que o alimento usado para o crescimento, será para manter o calor, o que irá levar a taxas de crescimento reduzidas e a menores conversões alimentares (Czarick e Fairchild, 2013). Este facto é confirmado por Cassuce et al. (2013) referindo que os frangos de 2 semanas da vida sujeitos a temperaturas abaixo de 27,1 °C aumentam o consumo de alimentos, principalmente para aumentar as calorias e manter a temperatura corporal e não para ganhar peso.

Os frangos adultos criados em condições de stress térmico apresentaram piores resultados para consumo de ração, ganho de peso e viabilidade, sendo mais sensíveis ao calor do que ao frio. Portanto quando submetidas a temperaturas elevadas de 32 °C a 35°C apresentaram o menor consumo de ração, seguidas pelas que são criadas em temperaturas termo neutra de 35 °C a 24 °C e baixa de 35 °C a 14 °C (Boiago et al., 2013). Para Medeiros (2001) tendo em conta o comportamento de frangos adultos em diferentes ambientes térmicos, os melhores resultados de desempenho ocorrem para temperatura entre 21 e 27 °C. Entretanto Damerow (2016) considera que a faixa de temperatura ideal para uma boa saúde e produtividade ocorrem a uma temperatura efetiva do ar entre 21°C e 24°C.

Em relação ao consumo de ração a elevação de grau centígrado em relação a temperatura de conforto, ocasiona decréscimo médio de 2,2% (Oliveira et al., 2006). Em frangos de 3 a 6 semanas ocorre redução de consumo de ração em 15,9% a 35°C e 14,9% entre 30°C e 40°C, bem como a taxa de crescimento de 12,3% a 35°C e 12,5% entre 30°C e 40°C, em comparação com 25°C (Henken et al., 1983). Trabalhos realizados por Lu et al. (2007) mostraram que estirpe de frangos comerciais (crescimento rápido) com 8 semanas de idade expostos a temperatura de 34 °C apresentaram perda de peso de 22,38 e 61,45 g/dia e menor proporção de peito. Segundo Mack (2013) para além da redução do consumo de alimento, aumentam a ingestão de água e a ofegação, ocasionando no aumento do consumo de água em 6% para cada grau de aumento de temperatura, entre 20-32 °C e em 5% para cada grau de aumento de temperatura, entre 32-38 °C. Sob temperaturas acima de 38°C a relação entre a taxa de ingestão de água pela ingestão de alimentos passará dos normais 2:1 aumentando para 8:1 (Souza, 2005).

A temperatura corporal típica de um frango está entre 40°C e 41,5°C (Etches et al., 2008). Qualquer condição que faça com que a temperatura corporal profunda suba acima de 46°C ou caia abaixo de 4°C é fatal (Damerow, 2016). Para Sonaiya e Swan (2004) as temperaturas de stress severo ficam acima de 40 °C e as fatais para a maioria dos frangos são 46 ° C. Segundo a FAO (2011) o aumento constante da temperatura para 38 °C ou mais, pode ser letal para os frangos, o que é agravado pela alta humidade que cria condições para ineficácia do sistema termorregulador corporal através da respiração.

2.2 Densidade dos frangos

Embora a maioria dos produtores perceba que a humidade e a velocidade do ar podem afetar o conforto térmico dos frangos, um fator de impacto que é frequentemente subestimado é a densidade dos frangos. O facto é que a densidade dos frangos pode ter mais efeito no conforto do frango que a humidade ou velocidade do ar (Czarick et al 2017). Este é o princípio básico mais importante no aviário, pois a área disponível determina o número e o tipo de aves que podem ser mantidas (Sonaiya e Swan, 2004).

Os resultados encontrados por Santos et al. (2005) em aviários abertos, permitem concluir que a adoção de altas densidades populacionais na criação de frangos evidencia resultados piores no desempenho, com conseqüente queda dos índices de produtividade como ilustra a tabela 4.

Tabela 4. Efeitos de densidade populacional no desempenho de frangos (Santos et al., 2005)

Densidade (aves/m ²)	Peso vivo(kg)	Consumo de ração (kg/ave)	Conversão alimentar (kg ração/kg peso)
10	2.37	4.31	1.85
12	2.25	4.02	1.82
16	2.22	3.91	1.80

Segundo Cobb (2012) diversas densidades de alojamento são utilizadas em várias partes do mundo. Em países de clima mais quente, a densidade de 30 kg/m² (17frangos/m² considerando 1,76 kg p.v.) aproxima-se do ideal, quando se trata de sistemas abertos e com ventilação natural, como detalhado na tabela 5.

Tabela 5. Densidade de frangos (Cobb, 2012)

Tipo de pavilhão	Tipo de ventilação	Equipamento	Densidade Máxima (Kg/m ²)
Aberto	Natural	ventiladores de circulação	30
Aberto	Pressão Positiva	ventiladores nas paredes laterais	35
Fechado	Ventilação cruzada	Ventiladores nas paredes opostas	35
Fechado	Ventilação tipo túnel	Arrefecimento evaporativo via Nebulizadores	39
Fechado	Ventilação tipo túnel	Arrefecimento Evaporativo via painel humedecido	42

Segundo a diretiva 2007/43/CE relativa ao estabelecimento de regras mínimas para a proteção dos frangos, a densidade animal máxima é de 33 kg/m² e em casos excepcionais os 39 kg/m², desde que possua equipamentos de controlo.

Altas densidades populacionais na criação das aves provocam maior produção interna de calor e resulta em piores valores de desempenho. Se considerar que os frangos produzirão cerca de 11,6 kJ / kg. hora, pressupõe que quanto maior forem os frangos, mais calor produzirão (Ross, 2014).

2.3 Ventilação

O conforto térmico pode ser alcançado com a utilização de ventiladores para aliviar o stress por calor, uma vez que aumentaria a perda de calor por convecção (Baracho et al., 2011). Além de simplesmente trocar o ar do aviário, pode ajudar a enfrentar as altas

temperaturas, pois o efeito da sensação de conforto térmico do ar em movimento cria uma temperatura efetiva mais baixa para os frangos (Silva, 2001). Este facto é demonstrado por Czarick et al. (2017) mostrando que num aviário a temperatura de 23,9° C sem movimento do ar e uma humidade de 90% resulta em frangos que sofrem stress por calor. Por outro lado, a 23,9° C com uma velocidade de ar de 3,55 m/s e uma humidade de 20%, resulta em uma sensação de frio das aves. Segundo Simmons et al. (2003) o benefício da velocidade do ar aumenta à medida que os frangos ficam mais velhos e maiores, ou seja, os frangos de 6 semanas de idade beneficiam de maior velocidade do ar do que os frangos de 4 semanas de idade.

Durante o verão quando a temperatura exterior ultrapassa 32°C, a eficácia do uso do efeito de ar exterior diminui, sendo a única alternativa o uso do arrefecimento evaporativo para efetivamente refrescar os frangos e manter a temperatura do ar estável (Cruz e Batista, 2013).

Os sistemas de arrefecimento evaporativo provaram ser muito eficazes na redução da temperatura do ar em praticamente todos os climas quentes, podendo reduzir as temperaturas em aviários em 15 °C ou mais em clima seco e nos climas mais húmidos, apesar de menos eficientes, provaram reduzir a temperatura em 3 a 6 °C, o que é muitas vezes suficiente para os problemas relacionados como stress térmico (Czarick e Fairchild, 2008).

Na situação de inverno o caudal de ventilação é mínimo, de modo a manter a atmosfera interior respirável, bem como a remoção da humidade mantendo conteúdo constante sem que se verifique condensação (Abreu e Abreu, 2001).

No inverno, a ventilação deve ser controlada de forma a não criar correntes de ar incómodas para os frangos e não incrementar, desnecessariamente, as perdas energéticas nos meses em que, por razões de desconforto térmico, é necessário proceder ao aquecimento das instalações (Viegas, 1995). Portanto, a taxa mínima de ventilação deve remover a humidade produzida, mas retendo tanto calor sensível quanto possível durante períodos frios ou inverno (FAO, 2011).

Os sistemas de aquecimento, localizados no interior dos pavilhões, que produzem calor a partir da combustão de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão, acarretam a produção e concentração de gases nocivos no interior do aviário (Moro, 1998). Estes

sistemas de aquecimento consomem o oxigénio no interior do aviário e aumentam a concentração do gás carbónico, tendencialmente ao nível dos frangos em especial, que se forem mal ventilados, dificulta a atividade respiratória (Ronchi, 2004).

Nas regiões com climas tropicais e subtropicais, a determinação das emissões poluentes da produção animal é muito mais complexa devido principalmente ao facto da maioria das instalações serem mantidas abertas na maior parte do tempo, sendo influenciados pelas correntes do vento e outros fatores externos não controláveis, dificultando a quantificação dos níveis de emissão (Saraz et al., 2013).

Segundo Nääs et al. (2007) para os aviários o limite de 3000 ppm para CO₂ é o máximo para exposição contínua dos animais nas instalações. Este facto é reforçado por diretivas legais, como a 2007/43/CE que obrigam a concentração de dióxido de carbono (CO₂) não seja superior a 3 000 ppm, sendo as medições feitas ao nível da cabeça dos frangos. Na primeira semana particularmente, os níveis de CO₂ não devem exceder 3000ppm e posteriormente, o nível máximo de 2000ppm (Cobb, 2012).

2.4 Comportamento da envolvente

A diferença de temperatura entre o meio ambiente interior e exterior de um edifício provoca a passagem de calor através das paredes, pavimento e cobertura. Essa passagem tanto se pode traduzir em fuga de calor caso o ambiente exterior seja mais frio ou por entrada de calor no caso contrário (LNEC, 2006).

Normalmente, quase todo o ganho de calor em região de clima quente ocorre através do telhado, principalmente por transferência de calor radiante, diferente de clima temperado que ocorre por meio de condução (Donald, 2008). No total, aproximadamente 75% da carga térmica transferida para o interior de um pavilhão resulta da radiação solar que incide na cobertura sendo, portanto, a parte da construção da qual se dá a principal entrada de calor (Morgan, 1990). Segundo Machado et al. (2012) esta alta incidência de radiação solar sobre a cobertura das instalações avícolas é um dos principais causadores do stress térmico nos frangos.

Durante o dia, a cobertura reduz a carga térmica de radiação direta proveniente do sol, substituindo uma área de solo aquecida por uma área de solo sombreado, tornando o

material de cobertura elemento importante no processo de troca de calor (Rosa, 1984). Este facto é reforçado por Silva (2015) ao observar valores inferiores de ITGU no interior dos modelos reduzidos em relação ao ambiente externo, evidenciando a importância da cobertura no conforto térmico.

Considerando os tipos de cobertura (telha de alumínio, telha de cerâmica e telha de cimento-amianto), o pavilhão com cobertura de telha de cerâmica apresenta o valor térmico mais favorável no seu interior (Lima, 2011).

Estudo realizado por Silva (2015) em modelos reduzidos foi observado valores médios de carga térmica radiante (CTR) e valores de ITGU para a telha cerâmica, que permitem concluir que quando comparada às demais telhas de alumínio e de fibra vegetal asfáltica (reciclada), propicia melhores condições de conforto térmico. Os mesmos resultados foram obtidos por Fiorelli et al. (2010) ao obterem menores valores de CTR em protótipo coberto com telha cerâmica e telha cerâmica pintada de branco com tinta de latex (PVA) comparativamente as telhas de fibrocimento.

A chapa de zinco ou ferro galvanizado é o pior material de cobertura no que se refere ao comportamento térmico, porém não quebra, é durável, e mais barato. Quando é novo, é praticamente tão efetivo na redução da carga térmica de radiação quanto chapa de alumínio, no entanto, perde rapidamente a sua efetividade com uso e sob processo corrosivos (Lana, 2000).

Segundo Donald (2008) os telhados de chapa de zinco em aviários podem ser facilmente atingir a 65,6 °C ou mais no verão, mesmo em latitudes bastante altas, portanto um telhado de chapa não isolado impõe uma carga de calor duas vezes maior do que o sistema de ventilação pode manipular e o desempenho das aves provavelmente será muito pobre, atingindo taxas de mortalidade de 10% a 15% ou mesmo maiores quando no exterior as temperaturas médias atingem 32,8 °C, como mostra a tabela 6.

Tabela 6. Mortalidade pelo efeito da passagem de calor pela cobertura (Donald, 2008)

	Temperatura interior (°C)	Mortalidade (%)
Cobertura com isolamento térmico	33,3	0,5
Cobertura sem isolamento térmico	37,2	14,3

O isolamento térmico, atua como uma barreira, evitando que o calor do telhado entre e se reflita no aviário, sendo que a resistência térmica mínima de isolamento do teto para uma ventilação natural é de $1,25 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$. No caso de aviários sujeitos a temperatura ambiente acima de $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ou inferior a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, geralmente requerem teto com resistência térmica mínima de $2,25 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$ ou mais (Czarick e Fairchild, 2008).

O aumento da resistência térmica na cobertura e o maior controlo sobre a ventilação possibilitam alcançar maior estabilidade térmica, mesmo tratando-se de sistema de ventilação natural através de janelas ou ventilação mecânica (Perdomo, 1999).

A correlação da temperatura do ar com a temperatura superficial das aves foi documentada em diversos estudos, porém segundo Nascimento et al. (2016) esta associação é maior com as temperaturas superficiais da instalação, o que confirma, por sua vez, a importância do uso de materiais de construção com baixa condutividade térmica que ajudam a manter o isolamento térmico e diminuir a transferência de calor da instalação para os animais.

O isolamento térmico para aviários depende de inúmeros fatores, como o seu custo em relação ao custo do combustível e condições climáticas locais (Fairchild et al. 2012). Otimizando o isolamento térmico como estratégia mais eficiente para reduzir o consumo de energia nos edifícios permite diminuir a perda de calor devido à transmissão e, portanto, é a condição necessária para reduzir a procura energética destinada ao aquecimento (IEEA, 2012).

Uma das razões da falta de benefício para o isolamento adicional é o facto de que a maior quantidade de calor de inverno é perdida através de cortinas de parede lateral e ventilação, ou seja, as cortinas de ventilação e paredes laterais são responsáveis por 70% dos custos de aquecimento (Czarick e Lacy 1991).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização dos pavilhões para produção de frangos

A recolha de informação foi realizada no período de janeiro a março de 2017 nas regiões mais destacadas na produção de frango. Tal como referido, as províncias de Maputo, Manica e Nampula, são aquelas onde se concentra a maior parte da produção de frango.

Em Moçambique as principais empresas do sector, a operar em sistema de integração (produção de ração, incubação, criação e matadouro) são a Higest na zona Sul, a Abílio Antunes na zona Centro, e a Novos Horizontes/Frango King na zona Norte. Nestas 3 empresas foram seleccionados 44 pavilhões que foram caracterizadas como parte do levantamento das tendências construtivas dos pavilhões avícolas nestas regiões. A partir de padrões encontrados, foram delimitadas as tipologias mais comuns durante o levantamento. Em Maputo foram considerados 20 pavilhões dos quais 2 se tratavam de propriedade privada da Empresa Higest em Naamacha e 18 em produtores integrados. Em Manica somente foi visitada a empresa Abílio Antunes (detêm 90% da produção) num total de 5 pavilhões. Em Nampula foram visitados 19 pavilhões, dos quais 4 pertencem à Empresa Novo Horizontes/Frango King, 8 pertencem aos produtores integrados e 7 a produtores privados.

Nos aviários seleccionados foram realizadas visitas e efetuados inquéritos junto dos produtores e responsáveis pela produção, de modo a obter uma criteriosa descrição das instalações. O questionário encontra-se na tabela 7, tendo-se procurado conhecer as características das construções, dos materiais empregues, dos sistemas de climatização e equipamentos. Foram também recolhidas imagens, por meio de fotografia digital para documentar as características no interior e no exterior dos aviários.

Tabela 7. Questionário utilizado para o levantamento de dados junto dos produtores

Local:

Proprietário:

Número do Pavilhão:

Capacidade dos Pavilhões	
Capacidade instalada (nº de frangos)	
Capacidade real (nº de frangos)	
Dimensões	
Área do pavilhão (c x l)	
Área da abertura da chaminé	
Área das Janelas	
Altura do pé direito (h)	
Altura à cumeeira	
Altura do murete	
Material	
Pavimento / Piso	
Cobertura	
Parede	
Revestimento da parede da lateral (S/N)	
Revestimento da parede da extremidade (S/N)	
Porta	
Janelas / aberturas laterais	
Sistema de climatização	
Ventilação	
Natural	
Artificial	
Aquecimento	
Arrefecimento	
Equipamentos auxiliares	
Bebedouros	
Comedouros	
Outros	
construções anexas	
Quebra ventos	
Material de cama	

Nas regiões em estudo os produtores foram identificados, classificados e agrupados de acordo com a faixa de produção, tal como sugerido por Nicolau (2008) e delimitadas as tipologias mais comuns (tabela 8). O agrupamento não considerou a heterogeneidade de sistemas e tecnologias de produção usadas pelos diferentes tipos de produtores.

Tabela 8. Definição dos grupos de produtores de acordo com o número de frangos em produção

Grupo de produtor	Número de Frangos
1° (Pequeno)	até 5000
2° (Médio)	de 5001 a 50000
3° (Grande)	acima de 50000

Na província de Manica, as instalações possuem características distintas do restante do país, uma vez que a produção se realiza em ambiente controlado. Deste modo, a caracterização dos aviários para este trabalho focou-se na tipologia mais comum, a que chamamos construção tradicional, mais frequente no Sul e Norte (Maputo e Nampula) dos pequenos e médios produtores, num total de 39 pavilhões.

Os dados recolhidos, foram analisados de modo a sintetizar uma série de valores e permitir uma visão global da variação desses valores. Os dados foram organizados em tabelas e gráficos.

3.2 Avaliação do desempenho térmico dos aviários de construção tradicional

A fim de avaliar o desempenho térmico dos pavilhões de produção de frango em Moçambique, foram escolhidas as regiões Sul e Norte, onde se destacam o modelo construtivo aberto, que sofre maior influência do ambiente exterior, ao contrário do modelo utilizado na região centro, com ambiente controlado.

A temperatura do ar interior foi estimada com base em modelos de balanço térmico, considerando os ganhos e perdas de calor num determinado momento. A avaliação do desempenho térmico dos pavilhões teve assim em consideração as características dos elementos construtivos e dimensões médias dos aviários do pequeno e médio produtor, o

número de frangos, as necessidades de ventilação e a influência do clima exterior no ambiente interior. Relativamente à fase de desenvolvimento dos frangos foram considerados dois períodos: 1) frangos na 1ª semana de idade, quando possuem alta sensibilidade às baixas temperaturas e 2) frangos na 4ª semana de idade quando começam a tornar-se sensíveis a altas temperaturas. No que se refere às condições climáticas foram consideradas duas situações, assumidas como as mais limitantes: situação de inverno durante a noite e a situação de verão durante o dia.

Os dados climáticos exteriores foram retirados da base de dados de meteorologia de superfície e energia solar (SSE) da plataforma da NASA, tendo em consideração as localizações geográficas de Maputo e Nampula (latitude e longitude) ilustrado nos anexos. As exigências de conforto dos frangos em relação à temperatura o ar, para efeitos de cálculo de balanço térmico foram consideradas de 31°C para a 1ª semana e 26 °C para a 4ª semana Macari (1996).

A temperatura do ar é um fator climático variável durante o dia, de dia para dia e ao longo do ano. A temperatura do ar exterior máxima e mínima do projecto foram calculadas, utilizando as expressões seguintes de forma a garantir que a maioria das situações esteja salvaguardadas.

$$T_{\text{max proj}} = \frac{t_{\text{max abs}} + 2t_{\text{max media}}}{3} \quad (^\circ\text{C}) \quad (1)$$

$$T_{\text{min proj}} = \frac{t_{\text{min abs}} + 2t_{\text{min media}}}{3} \quad (^\circ\text{C}) \quad (2)$$

Para o cálculo de balanço térmico considerou-se o calor sensível produzido pelos frangos (Q_{an}), as trocas de calor sensível através da envolvente (Q_{B}) e da ventilação (Q_{v}), representado pela equação simplificada do balanço térmico sugerida por Vidal et al. (2004):

$$Q_{\text{an}} = Q_{\text{B}} + Q_{\text{v}} \quad (\text{W}) \quad (3)$$

A produção de calor sensível produzido pelos frangos foi estimada de acordo com Vidal et al. (2004) para as idades de 1ª e 4ª semanas, dado por:

$$Q_{an} = Q_{sen} \times N^{\circ} \text{ frangos} \quad (\text{W}) \quad (4)$$

Sendo Q_{sen} a produção de calor sensível expresso em W/frango (Vidal et al., 2004).

No inverno, a situação mais limitante ocorre durante o período da noite quando se verificam os menores valores da temperatura do ar exterior. Nesta situação a temperatura do ar interior resulta do balanço entre os ganhos de calor libertado pelos frangos e as perdas através da envolvente e devido à ventilação (Eq.3). As perdas de calor através da envolvente (parede e cobertura) foram calculadas de acordo com Fernandes (1991):

$$Q_B = \sum A_i \times U_i \times (t_i - t_e) \quad (\text{W}) \quad (5)$$

Sendo A_i a área do elemento i da envolvente (m^2), U_i o coeficiente de transmissão térmica global do elemento i ($W/m^2\text{°C}$), t_i a temperatura do ar no interior (°C) e t_e a temperatura do ar exterior (°C).

Por outro lado, no verão a situação mais limitante ocorre durante o período diurno quando a temperatura do ar exterior atinge os valores mais elevados e a radiação solar incidente na construção é um fator importante a considerar. Neste caso, os ganhos de calor pela envolvente resultam da ação combinada da radiação solar incidente nas superfícies e da diferença de temperatura entre o ar no interior e no exterior, como descrito no RCCTE (2001) para as paredes (Q_{Bp}) e para a cobertura (Q_{Bc}):

$$Q_{Bp} = \sum A_i \times U_i \times \Delta t_e \quad (\text{W}) \quad (6)$$

Onde Δt_e representa a diferença efetiva de temperatura que engloba os efeitos da temperatura ambiente e da radiação solar incidente (°C) e é função do tipo de parede (anexos). De modo a simplificar os cálculos, todas as paredes são tratadas como um todo (e não cada uma isoladamente com a sua orientação específica, e neste caso consideram-se valores médios para a diferença efetiva da temperatura).

Os ganhos de calor através da cobertura (Q_{Bc}) seguem a mesma metodologia usada para as paredes, sendo Δt_e definido em função do tipo de cobertura e da sua cor (anexos).

O coeficiente de transmissão térmica global é o inverso da resistência térmica global (R_t), que se calcula somando a resistência térmica dos materiais constituintes e das resistências térmicas de passagem interior e exterior (R_{si} e R_{se}), segundo a norma EN ISO 6946.

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (\text{W/m}^2\text{°C}) \quad (7)$$

$$R_t = R_{si} + \sum_{i=1}^n R + R_{se} \quad (\text{m}^2\text{°C/W}) \quad (8)$$

Os valores de R_{si} e R_{se} em função da posição do elemento construtivo e do sentido do fluxo de calor constam das do LNEC (2010) e nas tabelas fornecidas nas aulas de condicionamento ambiental. A resistência térmica (R) dos materiais homogéneos é calculada de acordo com a equação sugerida por Rivero (1986):

$$R = \frac{k}{L} \quad (\text{m}^2\text{°C/W}) \quad (9)$$

Sendo k a condutividade térmica do material ($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$) e L a espessura do material (m). Os valores de condutibilidade térmica dos materiais de construção mais utilizados e os valores das resistências térmicas dos materiais não homogéneos constam da publicação do LNEC (2010) e nas tabelas fornecidas nas aulas de condicionamento ambiental.

As trocas de calor devido à ventilação (Q_v) foram calculadas considerando o caudal de ventilação (CV , m^3/s) mínimo calculado em função da qualidade do ar, tanto para o verão como para o inverno.

$$Q_v = CV \times \mu \times C_p \times (t_i - t_e) \quad (\text{W}) \quad (10)$$

Onde μ representa a massa volúmica do ar (kg/m^3) e C_p o calor específico do ar ($\text{J/kg}^{\circ}\text{C}$).

Relativamente à situação de inverno o caudal de ventilação considerado foi, tal referido, para garantir a qualidade do ar, uma vez que, tratando-se de estruturas abertas e apresentando bastantes infiltrações, torna-se complexo calcular tendo em consideração as aberturas (áreas) de ventilação. No caso de verão adota-se também o mesmo critério, uma vez que sendo a temperatura exterior superior à temperatura interior pretendida, quanto maior for o caudal de ventilação maiores serão os ganhos de calor, o que torna ainda mais provável a ocorrência de temperaturas excessivas no interior dos aviários.

O caudal de ventilação mínimo que garante a qualidade do ar foi calculado em função da concentração máxima admissível para o dióxido de carbono, aplicando a seguinte equação (Hinkle e Walker, 1983):

$$CV = \frac{P}{C_i - C_e} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (11)$$

Sendo P a quantidade de CO₂ a remover, C_i o teor máximo de CO₂ admitido no interior (1500 ppm) e C_e a concentração de CO₂ no exterior (370 ppm). Optou-se por considerar o CO₂ como parâmetro de qualidade do ar, assumindo que ao controlar o CO₂ se controla também outros gases como o amoníaco. Por outro lado, existe disponível informação sobre a libertação de CO₂ pelos frangos, é conhecida a concentração média do gás no exterior e também se conhecem os limites aconselhados para os frangos, o que permite realizar este cálculo. A opção por trabalhar considerando o valor máximo de 1500 ppm no interior teve em consideração que a manutenção dos aviários será efetuada por funcionários, sendo que a exposição a concentrações elevadas pode levar a riscos de vida.

A quantidade de CO₂ a remover determina-se usando a expressão:

$$P = n \times g \quad (\text{kg/s}) \quad (12)$$

onde n é o número de frangos e g a massa de CO₂ emitida por frango, expressa em kg/s.

Considerando que a variação de temperatura (Δt), no interior dos aviários resulta do balanço de calor sensível produzido pelos animais (Q_{an} , W) e das perdas de calor sensível pela envolvente (Q_B , W/°C) e pela ventilação (Q_v , W/°C), dada pela fórmula:

$$\Delta t = \frac{Q_{an}}{Q_B + Q_v} \quad (^\circ\text{C}) \quad (13)$$

Onde Q_B é o somatório das perdas de calor pela cobertura (Q_{bc}) e pelas paredes (Q_{bp}), ambas expressas em W/°C. A temperatura do ar interior (t_i) estimada dada por:

$$t_i = t_e + \Delta t \quad (^\circ\text{C}) \quad (14)$$

A temperatura do ar interior foi estimada, com o recurso a esta metodologia e posteriormente comparada com a temperatura do ar recomendada para os frangos (que se encontra na bibliografia). Deste modo é possível avaliar se a construção está ou não

adequada ao tipo de produção a que se destina. Se a temperatura estimada é inferior à temperatura recomendada tal significa que é necessário encontrar soluções para equilibrar o balanço térmico e a mais comum é recorrer ao aquecimento (Naq). As necessidades de aquecimento foram determinadas por:

$$\text{Naq} = Q_B + Q_V - Q_{an} \quad (\text{W}) \quad (15)$$

Se a temperatura estimada é superior à temperatura recomendada, então as necessidades de arrefecimento (Narr) são determinadas segundo a expressão seguinte (se $t_e > t_i$):

$$\text{Narr} = Q_{an} + Q_B + Q_V \quad (\text{W}) \quad (16)$$

3.3 Recolha de dados climáticos no interior de aviários na fase inicial dos frangos

A recolha de informação foi realizada na empresa Higest Moçambique, localizada na província de Maputo. Esta empresa possui equipamentos de monitorização das condições de temperatura e humidade no interior dos seus aviários, em particular para os primeiros 14 dias de idade, período em que os pintos têm maiores dificuldades nos processos de termorregulação.

Pretendia-se assim analisar dados climáticos recolhidos no interior de aviários em produção, nomeadamente a temperatura do ar, com o objetivo de avaliar se as condições de temperatura se encontram dentro dos valores recomendados na bibliografia para a produção de frangos e deste modo caracterizar o nível de conforto térmico no interior dos pavilhões em produção.

A empresa facultou dados da temperatura do ar de dois pavilhões (pavilhão 1 – PAV1 e pavilhão 2 – PAV2). Ambos apresentavam pavimento e paredes de betão, rebocadas e pintadas. As paredes depois do murete até ao telhado eram revestidas de rede galinheira e tubarão, cobertas de lonas brancas. A cobertura, com telhado de 2 abas era pintada com tinta azul no PAV1 e com tinta branca no PAV2. As aberturas de ventilação na cobertura são descontínuas ao longo de todo o comprimento, como ilustra a figura 5.



Figura 5. aviários de produtor integrado da Higest moçambique onde foram recolhidos dados climáticos a) PAV1, (b) PAV 2

O sistema de aquecimento é a lenha e foi mantido em funcionamento durante todo o ciclo de registros. Os pavilhões apresentavam armazéns anexos e a sua orientação é de este-oeste. Na tabela 9 encontram se as dimensões características dos pavilhões onde foram registrados os valores de temperatura que nos foram facultados pela empresa.

Tabela 9. Dimensões dos pavilhões do produtor integrado

	Pavilhão 1	Pavilhão 2
Capacidade instalada (nº de frangos)	18000	16000
Área de cobertura (m ²)	1445	1224
Área de parede (m ²)	208,8	185,4
Área de entrada/ janelas laterais (m ²)	468,0	397,8
Área de saída / abertura da cobertura (m ²)	6,1	5,1
Área de ventilação total (m ²)	474,1	402,9
Área de pavimento (m ²)	1440	1224
• Comprimento	120	102
• Largura	12	12
Diferença de altura das aberturas (m)	2,3	2,3

A temperatura do ar e a humidade relativa interior foram medidos e registadas por sensores de temperatura e de humidade do tipo LogTag posicionados no centro de cada pavilhão, a uma altura de 1,10 m do pavimento. Os dados da temperatura do ar usados neste trabalho foram recolhidos de forma contínua e diária em intervalo de 5 minutos, durante a primeira semana dos frangos, nos ciclos de produção de setembro e de junho de 2016. A temperatura mínima do ar ocorre durante a noite e a temperatura máxima ocorre algumas horas após o meio dia solar (entre o meio dia e três horas da tarde) (Ynouse et al., 2017). Neste trabalho foi considerado como referencial a temperatura real medida entre as 12 e as 15 horas para a temperatura máxima e entre as 00 e as 3h para a temperatura mínima, uma vez que se verificaram erros nos dados recolhidos de madrugada, quando se espera que o valor da temperatura atinja o valor mínimo. Os valores apresentados, com intervalo de 10 minutos, resultam da média aritmética da temperatura medida ao longo dos 7 dias considerados.

A temperatura do ar no interior foi estimada segundo a metodologia atrás descrita para o cálculo do balanço térmico. A temperatura interior medida e estimada foram comparadas graficamente, e relacionadas com a temperatura de referência que se encontra na bibliografia, de 30 °C a 35°C para fase inicial (Abreu e Abreu, 2001; Fabrício, 1994). A temperatura do ar exterior máxima e mínima do projeto foram calculadas, utilizando as expressões anteriores (Eq1 e Eq2) considerando os meses de julho e de setembro, em que foram recolhidos os dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição das instalações

Com base nos resultados obtidos das visitas, podemos afirmar que semelhante ao que ocorre em muitos países, a linhagem mais explorada nas regiões do sul, centro e norte de Moçambique é a Cobb-Vantress, importado dos países vizinhos, como Zimbábue e Zâmbia (Nicolau, 2011).

Em relação às instalações, verificou-se que não existe um tipo de instalação avícola padrão adotado em todas as regiões, muito provavelmente porque cada região impõe uma condição climática própria e limitações em relação à disponibilidade e acessibilidade de materiais de construção.

Verifica-se especialmente nas regiões visitadas que a produção de frangos, ocorrem quase que maciçamente em instalações abertas, sem ambiente controlado, sendo justificada pelos entrevistados, devido a razões económicas e mesmo desconhecimento das tecnologias. Excecionalmente a Província de Manica, apresenta produção em condições do ambiente controlado menos dependente do exterior. Se nos apoiarmos nas percentagens de representatividade da atividade a nível desta província de 18,6% dos quais 90% são sector privado onde domina o sistema confinado, poderemos considerar que 16,7% representa a produção sob sistema fechado (em ambiente controlado) e o sistema abertos estão distribuídos pelas restantes regiões, representando 83,3%.

Em relação à orientação dos pavilhões, é sabido que o eixo longitudinal dos pavilhões avícolas deve estar orientado buscando que a superfície exposta da envolvente seja a menor possível. Nos aviários visitados estavam orientados na direção Leste-Oeste. No caso de clima tropical e subtropical, o eixo longitudinal dos pavilhões avícolas deve estar orientado no sentido Leste-Oeste, de modo a conseguir que a superfície exposta a oeste seja a menor possível, evitando-se sobreaquecimento da insolação, ou seja, para evitar o aquecimento das laterais pelo sol durante o dia (Glatz e Pym, 2013). Permite o sombreamento da fachada que mais recebe sol de ângulo alto (Norte), beneficiando ainda de iluminação natural (Guedes et al., 2011). Em outros aviários visitados, verificamos que estavam orientados na direção Norte-Sul, facto justificado pelos produtores como a

melhor alternativa para aproveitamento do terreno. Segundo Souza (2005) em certos locais, a orientação leste-oeste pode prejudicar a ventilação natural, portanto pode ser a orientação Norte-Sul mais recomendável. Para o caso em que seja inevitável o uso da orientação Norte-Sul o sombreamento pode constituir num modo de amenizar os problemas ambientais gerados pelo uso da orientação incorreta (Sullivan e Rodrigues, 2004). Este facto foi verificado na análise do índice de sombreamento global propiciado pelo efeito do sombreamento provocado por espécie arbórea e indicou a possibilidade de obstrução da radiação solar incidente sobre o aviário, tanto para instalações com orientação Leste-Oeste, quanto para orientação Norte-Sul. Tratando-se de pavilhões de "ambiente controlado", como é o caso da Província de Manica, ou seja, em que o isolamento térmico é de muito boa qualidade, tanto nas paredes como no teto, a orientação tem menor importância.

Neste trabalho iremos focar-nos na análise dos sistemas de produção em pavilhões "abertos" uma vez que são os mais representativos do país. Deste modo focamo-nos fundamentalmente na província de Maputo e Nampula.

Na tabela 10 pode-se visualizar que a maioria dos pavilhões analisados em Maputo, cerca de 60,0% possuíam densidade entre 10 a 13 aves/m² e em Nampula em 45% de uma densidade destacada entre 13 a 15 aves/m².

Tabela 10. Densidade de frangos nas explorações visitados nas regiões de Maputo E Nampula

Densidade de alojamento			
Aves/m²	Maputo (%)	Nampula (%)	
6 a 8	20	0	
8 a 10	6,7	15	
10 a 13	60	40	
13 a 15	13,3	45	

Nas áreas tropicais ou subtropicais, onde as temperaturas ficam consistentemente dentro da faixa de 35 – 37,7 °C, a densidade alta de frangos em pavilhão aberto, com ventilação natural, geralmente não é viável (Avigen, 2010). No caso dos pavilhões visitados de sistema abertos e com sistema de ventilação natural pode se inferir que estão dentro dos limites estipulados para clima quente de 17frangos/m² (Cobb, 2012) e 14 frangos/m² (Cravener et al., 1992).

Na tabela 11, relativa às dimensões dos pavilhões, observa-se que 30% em Maputo e 40% em Nampula apresentaram comprimento entre 15 a 39 m e 15% e 13% dos pavilhões de Maputo e Nampula tinham comprimento entre 111m e 135m. Os pavilhões em Maputo com largura entre 11 a 13m predominaram sobre os demais representando 70%. em Nampula existe um predomínio em 80% de pavilhões com largura entre 9m a 13m. Normalmente recomenda-se como limites máximos larguras até 8 a 10m em clima quente e húmido e larguras de 10 até 14m em clima quente e seco (TINOCO, 2001).

Tabela 11. Dimensões características dos aviários analisados

Dimensionamento dos pavilhões (c x l x h)								
Largura (l)			Comprimento (c)			Altura de pé direito (h)		
metros	Maputo (%)	Nampula (%)	metros	Maputo (%)	Nampula (%)	metros	Maputo (%)	Nampula (%)
3 a 5	10	0	15 a 39	30	40	1,9 a 2,3	0	33,3
5 a 7	5	0	39 a 63	25	27	2,3 a 2,7	55	40
7 a 9	5	13	63 a 87	0	0	2,7 a 3,1	45	6,7
9 a 11	10	40	87 a 111	30	20	3,1 a 3,5	0	20
11 a 13	70	40	111 a 135	15	13			
13 a 16	0	6,7						

Nota-se que existe uma predominância por pavilhões mais largos e curtos. Os edifícios com mais de 8 m de largura têm um problema significativamente maior por causa desta propriedade inerente do ar para resistir ao movimento. Recomenda-se que os edifícios que dependem do fluxo de ar natural para ventilação não devem exceder 8 m de largura (Sonaiya e Swan, 2004). A largura do edifício não deve exceder 9 m para que a ventilação cruzada eficiente (FAO, 2011). Todavia, para larguras superiores a 8 metros recomenda-se colocar ventilação forçada (Souza, 1997).

Em relação à altura do pé-direito, observou-se que maioritariamente 55% e 40% dos pavilhões de Maputo e Nampula possuem entre 2,3m a 2,7m. Apenas 20% dos Pavilhões apresentaram altura superior a 3,1 m.

Em 70% dos pavilhões de Maputo apresentam altura da cumieira de 2,8 a 3,4 m e 40% dos pavilhões de Nampula com 3,4 a 3,9 m. Referente a altura da parede lateral ou murete verifica-se que em Maputo e Nampula está entre 0,3 a 0,6 m, representando 55% e 47% respetivamente (tabela 12).

Tabela 12. Altura da cumieira e da parede lateral (murete)

Altura da cumieira			Altura da Parede lateral		
metros	Maputo (%)	Nampula (%)	metros	Maputo (%)	Nampula (%)
2,8 a 3,4	70	20	0,3 a 0,6	55	46,7
3,4 a 3,9	25	40	0,6 a 0,9	45	46,7
3,9 a 4,5	5	6,7	0,9 a 1,2	0	6,7
4,5 a 5	0	26,7			

Depois da altura do murete, a altura restante até à cobertura, é composta por malhas metálicas (rede galvanizada galinheira ou tubarão) em ambos lados e cobertas com cortinas. A malha de arame de dezoito milímetros é pequena o suficiente para impedir a entrada de roedores e pássaros. As cortinas nos médios produtores são comumente de lona, de cor branca nas duas faces, acionada manualmente por manivela e cordões em roldanas presas à estrutura do telhado como mostra a figura 6. Nos pequenos produtores, as cortinas são comumente de ráfia derivados dos sacos das rações de frango, manipulados manualmente.



(a)



(b)

Figura 6. Pavilhões com cortinas acionada por manivela (a) e cordões em roldanas (b)

A maior parte dos aviários, apresentam as paredes de extremidade ou oitões totalmente fechados e atingem a altura da cobertura. Este facto segundo Sonaiya e Swan (2004),

permite maximizar o volume e a velocidade do fluxo de ar cruzado entre as aberturas laterais.

Os materiais utilizados nos pilares de sustentação do telhado são apresentados na tabela 13. Observou-se, que os materiais utilizados para a construção dos pilares de sustentação dos aviários apresentaram-se, na sua grande maioria em 45% de estrutura metálica, seguido pelo betão em 30% e por fim, de madeira com 25% para Maputo. No caso de Nampula registou-se, na sua grande maioria, de estrutura de madeira em 60%, seguido pelo betão com 40%. Na sua maioria os pilares metálicos são encontrados nos médios produtores em Maputo e de madeira, nos pequenos produtores em Nampula.

Tabela 13. Tipos de materiais usadas nos pilares de sustentação

Material	Pilares de sustentação		Material	Piso	
	Maputo (%)	Nampula (%)		Maputo (%)	Nampula (%)
Madeira	25	60	Betão	100	20
Betão	30	40	Solo	0	80
Metal	45	0			

O piso em Maputo é maioritariamente feito de betão simples revestido com argamassa, coberto por serradura, constituindo a cama de frango. A FAO (2011) recomenda que os pisos sejam de betão com espessura de 8-10 cm obtidos de proporção 1: 2: 4 ou 1: 3: 5 (cimento: areia: cascalho) misturado sobre uma base firme de pelo menos 15 cm de nível do solo. No entanto, foi difícil de verificar no caso de Nampula, pois foi constatado que aproximadamente 80% dos aviários apresentava piso de terra batida e coberto com cama de frango, geralmente, de serradura de madeira diretamente no solo, como mostra a tabela 14. Quanto ao material utilizado no telhado, observou-se que na maioria das estruturas foi utilizada chapas metálicas, numa proporção de 100% e 53,3% para Maputo e Nampula, respetivamente. Em menor proporção, mas significativa, a cobertura com palha representa 46,7% em Nampula, conforme tabela 14.

Tabela 14. Material usado no telhado e existência de aberturas na cobertura

Material	cobertura		Abertura na cobertura	Maputo (%)	Nampula (%)
	Maputo (%)	Nampula (%)			
Metal	100	53,3	com abertura	80	33,3
Cerâmica	0	0	sem abertura	20	66,7
Palha	0	46,7			

A palha geralmente é a opção mais barata e fornece um bom isolamento térmico. Provavelmente terá que ser substituído a cada três anos, ou imediatamente, se houver ação das termites. (Sonaiya & Swan, 2004). A durabilidade da palha é relativamente baixa, mas quando a palha é bem colocada por um especialista e devidamente mantido, pode durar 30 anos ou mais (FAO, 2011). Já Lindley e Whitaker (1996) defende que o zinco é um bom material de cobertura, uma vez que é impermeável a chuva, apesar de apresentar características de absorvedor e um emissor de calor radiante. No entanto para um melhor controlo ambiental usando zinco, os telhados devem ser isolados termicamente ou instalados a alturas de 4m a 5m.

Ainda sobre telhados, um facto importante observado na maioria dos pavilhões de Maputo, foi a presença de aberturas na cobertura em aproximadamente 80%, muito superior ao que se verificou em Nampula com 33,3%. Segundo Tinoco (2001) para aviários com larguras iguais ou superiores a 8,0 metros, o uso do lanternim é imprescindível, pois tem a função de permitir a saída de ar quente, principalmente durante o período de calor.

A abertura nas coberturas é mais comum na cobertura feita de 2 águas, contínuas ou descontínuas, maioritariamente em Maputo, nos médios produtores como mostra a figura 7.



Figura 7. Abertura cumeeira descontínua (a) e contínua (b)

Na província de Nampula, as aberturas da cobertura mais comuns são as cumeeiras contínuas com sobreposição de cobertura como mostra a figura 8.



Figura 8. Aviário com cumeeira contínua com sobreposição

Na tabela 15 apresenta-se as características de parede e sua distribuição relativa nas províncias de Maputo e Nampula. Em Maputo observa-se que a espessura mais presente é de 0,20 m, correspondendo a 65%. Em Nampula foi verificado em 86,7% dos pavilhões uma espessura de 0,15m. Em relação à constituição e revestimento das paredes, observou-se que os pavilhões em Maputo são constituídos por blocos de betão e reboco em 65% dos casos e em Nampula em bloco de betão não rebocado em 66,7%.

Tabela 15. Características da parede

Espessura da Parede	Maputo (%)	Nampula (%)	Parede		
			Constituição e revestimento	Maputo (%)	Nampula (%)
0,2	65	0	Bloco rebocado	65	20
0,15	30	86,7	Bloco n/ rebocado	25	66,7
0,12	5	13,3	Bloco chapiscado	10	0
			Adobe	0	13,3

As paredes de menor espessura são mais comuns nos pequenos produtores e as paredes com maior espessura, rebocadas e pintadas ao longo de todo pavilhão, são mais frequentes nos médios produtores.

As paredes constituídas por argila, misturadas com fibras naturais, mais conhecidas por ``taipa`` ou ``adobe`` e com espessura de 0,12 m, representam 13,3% em Nampula e é um tipo construtivo típico do pequeno produtor como mostra a figura 9. As vantagens de estruturas de taipa são a incombustibilidade e isolamento térmico natural e particularmente barato. No entanto é suscetível de ser atacada por roedores, não sendo indicada para a construção de grandes edifícios.



(a)

(b)

Figura 9. Aviário com paredes de argila misturada (taipa) da extremidade (a) e da lateral (b)

Uma parede de maior espessura como as registradas maioritariamente em Maputo isola melhor do que outra menos maciça e de menor espessura. Porém, a solução para o problema não pode ser encarada procurando apenas aumentar a espessura dos elementos construtivos porque não só o peso aumentará, como também aumentará o custo (LNEC, 1999).

No que diz respeito à ventilação, o sistema mais utilizado é a ventilação natural, sendo utilizada em 100% dos aviários visitados em Maputo e 66,6% em Nampula. Em Nampula 33,3% dos aviários possuem sistema misto (ventilação natural e artificial), como ilustrado na tabela 16.

Tabela 16. Sistema de ventilação e fontes de aquecimento

Ventilação	Tipos de ventilação (%)			Tipos de aquecedores (%)	
	Maputo (%)	Nampula (%)		Maputo (%)	Nampula (%)
Natural	100	66,6	A lenha	90	93,4
Artificial	0	0	Elétricos	10	6,6
Misto (Natural e Artificial)	0	33,3			

Os pavilhões com 1 aba, usualmente utilizado pelos pequenos produtores do Sul, apresentam ineficiência na ventilação por possuir uma das paredes fechadas. Segundo Baêta (1998), a ventilação no interior de um volume só é eficiente se as aberturas forem localizadas em paredes opostas, de modo a obter um fluxo do tipo cruzado.

No caso da ventilação mista é efetuada naturalmente com recursos as aberturas laterais (ou janelas) e das chaminés ou Cumeeira e ventiladores, que permite a ação dos ventos e da impulsão térmica e de forma mecânica por pressão positiva. Este sistema encontra-se maioritariamente nos médios produtores em Nampula, como se observa na figura 10. Entretanto todos se encontram em estado obsoleto.

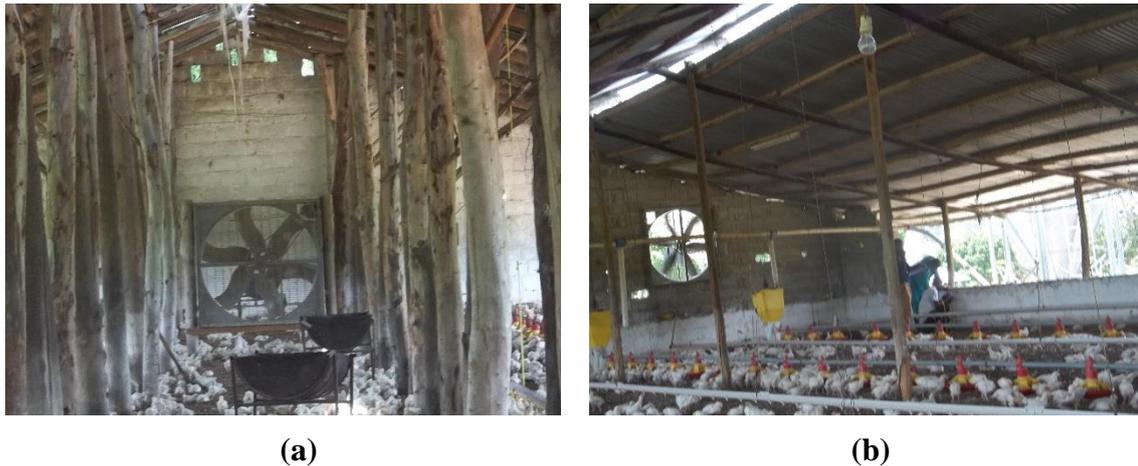


Figura 10. Aviário com ventiladores no meio (a) e fixados na parede da extremidade (b)

A fonte de aquecimento é maioritariamente a lenha, sendo realizado por meio de caldeiras a lenha. Representa 90% e 93% em Maputo e Nampula, respetivamente. Em certos casos o aquecimento é feito por geradores de ar quente ajustáveis para o ambiente a ser aquecido, como se observa na figura 11. Esta alternativa é mais frequente nos médios produtores.



Figura 11. Caldeiras a lenha (a) e por geradores de ar quente (b)

Quanto ao equipamento para fornecimento da alimentação e abeberamento, verifica-se que os equipamentos utilizados nos pequenos produtores são comedouros tubulares plásticos ou metálicos e bebedouros manuais de plástico como mostra a figura 12.



(a)

(b)

Figura 12. Comedouros e bebedouros manuais de metal (a) e bebedouros manuais plástico (b) dos pequenos produtores.

Nos médios produtores usa-se o comedouro tubular plástico e bebedouros pendulares (em suspensão) automáticos como mostra a figura 13.



(a)

(b)

Figura 13. Bebedouros tubulares (a) e bebedouros pendulares (b) nos médios produtores.

Nenhuma propriedade visitada tinha quaisquer banhos desinfetantes à entrada das portas dos aviários e não foram fornecidas roupas protetoras ou calçados para pessoal visitante. O único meio de biossegurança pareceu ser a cloração da água para os frangos.

A região centro, é essencialmente dominada por produção de grande escala, concretamente pela Empresa Abílio Antunes sediada na Província de Manica. Segundo

dados do MEF (2016) detém aproximadamente 90% da influência na atividade na província de Manica. A empresa conta com pavilhões de capacidade de 50 mil Frangos e densidades de 22 frangos/m², totalmente automatizados, com isolamento térmico e vedado, com diferentes formatos de cobertura como mostra a figura 14.



Figura 14. Pavilhão com isolamento e térmico inclinado (a) e em formato curvilíneo (b)

As paredes laterais, com cortinas de poliestireno faz com que as condições internas do aviário sejam menos dependentes do exterior, ou seja, minimiza que o frio ou calor, o sol, o vento do ambiente externo interfira no ambiente interno. Esta empresa destaca-se por possuir nível de biossegurança para os padrões internacionais. Destacam-se ações de prevenir ou restringir o acesso ao lote dos frangos, pedilúvios com solução desinfetante nas entradas, roupas protetoras ou calçados para pessoal visitante, cuidados do condicionamento automatizado do interior, programas de vacinação e medicação quando necessário, inceneração dos frangos mortos, assim como, a cama do aviário, etc.

A cobertura com telhado de 2 águas é constituída por chapas lacadas, eliminando infiltrações. As cortinas são comumente em polietileno preto de um lado e reflexiva do outro. O piso é feito de betão simples revestido com argamassa, coberto com serradura, que constitui a cama de frango e por vezes por casca de arroz.

Quanto aos equipamentos usados, possui comedouros de plástico e bebedouro nipple de alta vazão, totalmente automatizados. O aquecimento é feito por uma linha de geradores

de ar quente portáteis, ajustáveis para atender as exigências do ambiente a ser aquecido, como mostra a figura 15.



Figura 15. Comedouros e bebedouros automáticos (a) e gerador de ar quente portátil (b)

A ventilação é feita por ventiladores extractores posicionados, no sentido longitudinal e, na outra extremidade são dispostas as aberturas de entrada de ar normalmente compostas por painéis de refrigeração evaporativa. Utiliza ventiladores com diâmetro de 90 cm de secção e motor de 0,5 CV de potência, succionando o ar de uma extremidade à outra do aviário, que atravessa o sistema de refrigeração colocadas no outro extremo. Conta ainda com agitadores de teto que projetam verticalmente o ar sobre os animais.

4.2 Desempenho térmico dos aviários de construção tradicional

Tendo em consideração o levantamento de campo realizado, foram selecionados 4 pavilhões tipo, considerados como representativos da construção tradicional para os pavilhões da produção de frangos nos pequenos e médios produtores nas províncias de Maputo e Nampula. Na tabela 17 encontra-se a densidade média de frangos nessas regiões para os pequenos e médios produtores.

Tabela 17. Densidade média de frangos por bando para as províncias de Maputo e Nampula

Província	Pequeno (até 5000 frangos)	Médio (5000 a 50000 frangos)
Maputo	2887	14125
Nampula	3670	16200

A avaliação do desempenho térmico dos pavilhões teve em consideração as características dos elementos construtivos e as dimensões médias dos aviários, o número de frangos, e a influência do clima externo sobre o ambiente interno considerando a temperatura pretendida do ar para a primeira semana de 31°C (entrada dos frangos) e de 26°C para a idade de 4 semanas (Fabricio,1996; Macari,1996; Cassuce, 2011).

4.2.1 Província de Maputo

Os dados de temperatura constantes na tabela 18 foram obtidos da base de dados de meteorologia de superfície e energia solar (SSE) da plataforma da NASA tendo em consideração a localização geográfica (latitude -25°,95´ Sul e longitude 32°,58´ Este).

Tabela 18. Dados climáticos para a província de Maputo

Ano	Temperatura média do ar	Min Média	Max Média	HR
	°C	°C	°C	%
1983 - 2005	23,1	17,3	34,8	63,1

Fonte: Surface Meteorology and Solar Energy (SSE)

Estes dados permitiram o cálculo da temperatura máxima e mínima do projeto (Eq.1 e 2), constantes na tabela 19, usados para a situação de verão e de inverno.

Tabela 19. Temperaturas de projeto para a província de Maputo

Temperatura Max			Temperatura Mínima		
Média	absoluta	Projeto	Média	Absoluta	Projeto
34,8	38,4	36,0	17,3	12,7	15,8

Deste modo as temperaturas do ar exterior para os cálculos de verão e de inverno serão respetivamente os correspondentes à temperatura máxima de 36°C e mínima de 15,8°C. A partir do levantamento de campo foi possível identificar as características arquitetónicas mais comuns dos aviários e deste modo definir o aviário tipo para cada região. Na tabela 20 encontram se as características dos aviários tipo para a Província de Maputo.

Tabela 20. Característica dos aviários tipo para a província de Maputo

Produtor	Densidade (frango/m ²)	Capacidade (Nro de frangos)	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura do pé direito (m)	Altura da cumeeira (m)	h saída de ar na cobertura (m)	Altura do murete (m)	Área entrada da ventilação (m ²)	área saída da ventilação (m ²)	Material de Cobertura	Espessura do blocos de cimento da parede lateral	Revestimento da parede	Ventilação	Aquecimento
Pequeno	12	2887,5	6	38,8	2,7	3,5	0	0,4	87,1	0	zinco	0,15	n/ reb. Pintado	natural	Lenha
Medio	14	14125	11,2	90	2,7	3,6	3,4	0,6	372,6	40,5	zinco	0,2	reb. Pintado	natural	Lenha

Tendo se consideração as características dos aviários tipo atrás descritos e as condições de projeto foram estimadas a temperatura interior e as potências de arrefecimento e de aquecimento para a situação de verão e de inverno considerando a idade de 1 semana e 4 semanas.

4.2.1.1 Pequeno produtor

Nos pequenos produtores, as paredes do aviário são de blocos de betão de 0,15 m de espessura, não rebocadas, como representado na figura 16. A cobertura de uma água é formada por chapa ondulada de zinco com 0,25 mm de espessura.



Figura 16. Vista da parede sem revestimento (reboco)

Utilizámos o método de cálculo de balanço térmico (eq.13) já referido que permitiu calcular os valores da variação da temperatura e logo estimar a temperatura interior (eq.14), bem como as necessidades de arrefecimento (eq.6) e de aquecimento (eq.15).

O valor da resistência térmica total (R_t) da envolvente (parede e cobertura) é a soma dos valores R individuais dos componentes (eq.8), incluído a resistência térmica superfícies interior e exterior. Os valores da condutibilidade térmica de diferentes materiais encontram-se tabelados.

A partir da resistência térmica global (R_t) calculou-se o coeficiente global de transmissão térmica (U), pois trata-se do valor inverso (eq.7).

Em relação ao caudal de ventilação na situação de verão, considerou-se a temperatura média do ar no exterior igual a 36°C . O ar exterior que entra para o pavilhão através das aberturas de ventilação resulta em ganhos de calor (Q_v), logo contribuindo para o potencial aumento de temperatura interior. Assim, o caudal de ventilação considerado será o caudal mínimo, calculado para garantir a qualidade do ar e manter a concentração no limite recomendado para os gases (eq.11). Foi considerado o teor de CO_2 no exterior (C_e) de 370 ppm e máximo no interior (C_i) de 1500 ppm.

Na tabela 21 apresentam-se os resultados deste cálculo para o aviário tipo para o pequeno produtor na Província de Maputo para a situação de verão.

Tabela 21. Balanço térmico na condição de verão para o pequeno produtor na Província de Maputo

	unidade	Equação	1ª semana	4ª semana
Temperatura interior pretendida	°C		31	26
<u>Ganhos de calor</u>				
Qan - calor sensível produzido pelos animais	W	4	3358,2	11116,9
QB - Ganhos pela envolvente				
• QBc – ganhos pela cobertura	W	6	14749,9	14749,9
• QBp - Ganhos pelas paredes	W	6	8111,1	8111,1
QV – perdas devido à ventilação	W	10	4599,5	1839,8
• CV - Caudal de Ventilação (Gases)	m ³ /s	11	0,77	1,53
<u>Estimativa da temperatura interior</u>				
ΔT - variação de temperatura	°C	13	1,0	2,7
ti - temperatura interna estimada	°C	14	37,0	38,7
Narr - Nec. Arrefecimento	kW	16	30,8	35,8

Constata-se que o caudal de ventilação para manter a qualidade do ar é de 0,77 m³/s e 1,53 m³/s para frangos de 1 semana e 4 semanas, respetivamente. Os Cálculos do balanço térmico permitiram estimar a variação de temperatura ocorrida e verificou-se que a temperatura do ar interior estimada é de 37,0°C e 38,7°C. Considerando os valores de temperatura definidos para os cálculos (31°C e 26 °C) verifica-se a necessidade de arrefecer com potência útil estimada de 30,8 kW e 35,8 kW para os casos de frangos de 1 e 4 semanas respetivamente. No entanto, as condições não são adequadas sobretudo nos frangos de 4 semanas, uma vez que 38°C está muito acima da temperatura de conforto próximas a 26°C e sendo expostas por período prolongado, podem ser fatais. Segundo Donald (2008) temperaturas no interior de 37,2 °C podem atingir taxas de mortalidade de 14% ou mesmo maiores. Já no caso dos frangos de 1 semana, considerando o limite superior de 35°C (Abreu e Abreu, 2001), os efeitos não são tão nefastos.

Para a situação de inverno a temperatura de projeto do ar exterior é de 15,8 °C. As perdas de calor consideradas são as que ocorrem pelas cortinas de ventilação e pelas paredes. Segundo Czarick e Lacy (1991) são responsáveis por 70% dos custos de aquecimento. Neste caso, tenta-se aproveitar da melhor maneira o calor produzido pelos animais. O

caudal de ventilação a considerar será para garantir a qualidade do ar e minimizar as perdas de calor devido à ventilação.

Na tabela 22 apresentam-se os resultados do balanço térmico para o aviário tipo para o pequeno produtor na Província de Maputo para a situação de inverno.

Tabela 22. Balanço térmico na condição de inverno para o pequeno produtor na Província de Maputo

	unidade	Equação	1 sem	4sem
Temperatura interior pretendida	°C		31	26
<u>Ganhos de calor</u>				
Qan - calor sensível produzido pelos animais	W	4	3358,2	12993,8
<u>Perda de Calor</u>				
QB- Perdas de calor pela Parede	W	5	8670,8	5824,8
QV – Perdas devido à ventilação	W	10	14013,3	18827,5
• CV - Caudal de Ventilação	m ³ /s	11	0,77	1,53
<u>Estimativa da temperatura interior</u>				
ΔT - variação de temperatura	°C	13	2,3	5,4
ti - temperatura interna estimada	°C	14	18,0	21,2
Nec de aquecimento	kW	15	19,3	11,6

Tal como anteriormente, o caudal de ventilação calculado é de 0,77 m³/s e 1,53 m³/s para os frangos de 1 e 4 semanas respetivamente. Os cálculos do balanço térmico permitiram estimar a variação de temperatura ocorrida e verificou-se que a temperatura do ar interior é de 18 °C e 21,2 °C para os pavilhões de frangos de 1 e 4 semanas respetivamente. Estas temperaturas estimadas, são inferiores as temperaturas aconselhadas e mais graves para os frangos de 1 semana. Por isso é imprescindível o aquecimento para manter a temperatura do ar interior próximo a 31°C com a potencia útil de aquecimento de 19,3kW. As temperaturas estimadas para frangos de 4 semanas encontram-se dentro do limite inferior de 20° C a 22 ° C (Breedt e Uitenweerde, 2000). Neste caso pode-se afirmar não haver necessidade de aquecimento, minimizando dessa forma, custos adicionais com energia.

4.2.1.2. Médio produtor

Nos aviários tipo do médio produtor a parede é constituída por blocos de betão de 0,2 m rebocados nas faces à vista com espessura de 0,02 m, como representado na figura 17. A cobertura é de duas águas, é formada por chapa trapezoidal de zinco com 0,40 mm de espessura.



Figura 17. Vista da parede com reboco

Tal como anteriormente, foi estimada a variação da temperatura interna e as necessidades de arrefecimento e aquecimento correspondentes ao período de criação de 1 e 4 semanas de idade. Na tabela 23 apresentam-se os resultados deste cálculo para o aviário tipo para o médio produtor na Província de Maputo para a situação de verão.

Tabela 23. Balanço térmico na condição de verão para o médio produtor na Província de Maputo

	Unidade	Equação	1 sem	4sem
Temperatura interior pretendida	°C		31	26
<u>Ganhos de calor</u>				
Qan - calor sensível produzido pelos animais	W	4	16427,4	54381,3
QB - Ganhos pela envolvente				
• QBc – ganhos pela cobertura	W	6	63486,5	63486,5
• QBp - Ganhos pelas paredes	W	6	4511,0	4511,0
QV – perdas devido à ventilação	W	10	22500,0	90000,0
• CV - Caudal de Ventilação	m ³ /s	11	3,8	7,5
<u>Estimativa da temperatura interior</u>				
ΔT - variação de temperatura	°C	13	1,5	3,4
ti - temperatura interna estimada	°C	14	37,5	39,4
Narr - Nec. Arrefecimento	kW	16	106,9	212,4

Verifica-se que o caudal de ventilação para manter a qualidade do ar é de 3,8 m³/s e 7,50 m³/s para frangos de 1 semana e 4 semanas de idade respetivamente. O cálculo do balanço térmico permite estimar as temperaturas do ar interior de 37,5°C e 39,4°C para os frangos de 1 e 4 semanas respetivamente. As condições não são adequadas sobretudo nos frangos de 4 semanas. As temperaturas calculadas para os frangos de 4 semanas alcançam temperaturas próximas a 40 ° C e representam estado de stress severo pois aproximam-se aos 40 ° C (Sonaiya e Swan, 2004). Ainda que não alcance valores superiores a 40°C, o aumento constante da temperatura para 38 °C ou mais, pode ser letal para os frangos, agravado pela alta humidade que cria condições para ineficácia do sistema termorregulador corporal através da respiração (FAO, 2011). No caso, para manter a temperatura interior a próximas a 26 °C será necessária potência útil de arrefecimento de 212,7kW.

Na tabela 24 apresentam se os resultados do balanço térmico para o aviário tipo para o médio produtor na Província de Maputo para a situação de inverno.

Tabela 24. Balanço térmico na condição de inverno para o médio produtor na Província de Maputo

	unidade	Equação	1 sem	4sem
Temperatura interior pretendida	°C		31	26
<u>Ganhos de calor</u>				
Qan - calor sensível produzido pelos animais	W	4	16427,4	63562,5
<u>Perda de Calor</u>				
QB- trocas de calor pela Parede	W	5	4822,3	3239,5
QV – perdas devido à ventilação	W	10	47604,2	63958,3
• CV - Caudal de Ventilação	m ³ /s	11	3,7	7,5
temperatura interior estimada				
ΔT - variação de temperatura	°C	13	3,4	6,8
ti - temperatura interna estimada	°C	14	19,2	22,6
Nec de aquecimento	kW	15	36,0	3,6

Verificou-se que a temperatura do ar interior estimada é de 19,2 °C e 22,6 °C para os pavilhões de frangos de 1 e 4 semanas, respetivamente. Estas temperaturas estimadas, são mais graves para os frangos de 1 semana do que para os frangos de 4 semanas Neste caso, para manter a temperatura do ar próximos a 31°C para pintos de 1 semana será necessário a potencia de 36 kW, que é 10 vezes mais que a necessária para manter a temperatura interior de 26°C nos frangos de 4 semanas. Os frangos com 1 semana de idade em condições de stress térmico, apresentaram menor consumo de ração quando comparados aos animais criados a temperatura de conforto (Czarick e Fairchild, 2013) Os pintos sobre a condição stress por frio, buscam manter-se agrupados, com a tendência de diminuir a frequência de idas ao comedouro e bebedouro em relação aos animais criados em ambientes a 33°C (Ferreira, 2017; Schiassel et al., 2015). Com temperatura do ar estimada de 22,6 °C no caso dos frangos de 4 semanas, não se justifica o aquecimento, atendendo que se apresenta dentro da faixa de conforto, citados por autores como Abreu e Abreu (2001), Medeiros (2001), Oliveira (2006) e Damerow (2016).

4.2.2 Província de Nampula

Os dados de temperatura constantes na tabela 25, foram obtidos do programa de dados de meteorologia de superfície e energia solar da plataforma da NASA, tendo em consideração a localização geográficas (latitude $-15^{\circ}11'$ Sul e longitude $39^{\circ}26'$ Este).

Tabela 25. Dados climáticos para a região de Nampula

Ano	Temperatura média do ar	Min Média	Max Média	HR
	°C	°C	°C	%
1983 - 2005	25,5	20,5	37,3	63,9

Fonte: Surface Meteorology and Solar Energy (SSE)

Tal como anteriormente as temperaturas máximas e mínima do projeto foram calculadas (Eq.1 e 2) e encontram se, na tabela 26, usados para a situação e de verão e inverno

Tabela 26. Temperaturas de Projeto para a Província de Nampula

Temperatura Max			Temperatura Mínima		
Média	Absoluta	Projeto	Média	Absoluta	Projeto
37,3	44,1	39,6	20,5	17,7	19,6

Deste modo as temperaturas do ar exterior para os cálculos de verão e de inverno serão respectivamente os correspondentes à temperatura máxima de $39,6^{\circ}\text{C}$ e mínima de $19,6^{\circ}\text{C}$.

A partir do levantamento de campo foi possível identificar as características arquitetónicas mais comuns dos aviários e deste modo definir o aviário tipo para cada região. Na tabela 27 encontram se as características dos aviários tipo para a Província de Nampula.

Tabela 27. Características do aviário tipo para a Província de Nampula

Produtor	Densidade (frango/m ²)	Capacidade (Nro de frangos)	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura do pé direito (m)	Altura da cumeeira (m)	h saída de ar na cobertura (m)	Altura do murete (m)	ventilação Área de entrada (m ²)	vent. Área de saída (m ²)	Material de Cobertura	Espessura do blocos de cimento da parede lateral (m)	Espessura da Parede de Taipa (m)	Revestimento da parede	Ventilação	Aquecimento
Pequeno	10,8	3670	9,9	34,1	2,5	3,5	0	0,7	61,1	0	palha	-	0,12	n/ reb.	natural	lenha
Médio	12,9	16200	11,6	108,0	2,4	3,6	2,29	0,6	732,5	25,9	zinco	0,15	-	n/ reb. Pint	natural	lenha

4.2.2.1 Pequeno Produtor

As paredes são constituídas por argila (técnica conhecida por taipa) com espessura de 0,12 m. A cobertura é de duas águas constituída por palha ou folhosas semi pesadas. A lateral após o murete é totalmente aberta como mostra a figura 18.



(a)



(b)

Figura 18. Constituição da parede de argila ou Taipa lateral (a) e da extremidade (b)

Tal como antes, a temperatura do ar interior e as necessidades de aquecimento e de arrefecimento foram estimadas recorrendo ao método do balanço térmico.

Na tabela 28 apresentam se os resultados dos cálculos para o aviário tipo do pequeno produtor na Província de Nampula para a situação de verão com temperatura exterior de projeto de 39,6°C.

Tabela 28. Balanço térmico na condição de verão para o pequeno produtor na Província de Nampula

	unidade	Equação	1 sem	4sem
Temperatura interior pretendida	°C		31	26
<u>Ganhos de calor</u>				
Qan - calor sensível produzido pelos animais	W	4	4257,2	14129,5
QB - Ganhos pela envolvente				
• QBc – ganhos pela cobertura	W	6	7373,2	7373,2
• Qc - Ganhos pela parede	W	6	3956,2	3956,2
QV – perdas devido à ventilação	W	10	8352,2	26447,8
• CV - Caudal de Ventilação	m ³ /s	11	0,81	1,62
<u>Estimativa da temperatura interior</u>				
ΔT - variação de temperatura	°C	13	1,8	4,2
ti - temperatura interna estimada	°C	14	41,4	43,8
Narr - Nec. Arrefecimento	Kw	16	23,9	51,9

O caudal de ventilação calculado para manter a qualidade do ar é de 0,81 m³/s e 1,62 m³/s para frangos de 1 semana e 4 semanas, respetivamente. Verificou-se que a temperatura do ar interior estimada é de 41,4°C e 43,8°C. As condições de temperatura não são adequadas sendo preocupantes nos pavilhões com frangos de 1 e 4 semanas, uma vez que acima de 40°C os frangos apresentam-se em stress severo. Sendo expostos a estas condições constantemente, podem ser fatais. Existe a necessidade de arrefecer para manter a temperatura interna de conforto próximas de 31°C e de 26 °C recorrendo a uma potência útil de arrefecimento de 23,9 kW e 51,9 kW para os frangos de 1 e 4 semanas, respetivamente.

Na tabela 29 apresentam-se os resultados do cálculo de balanço térmico para o aviário tipo no pequeno produtor na Província de Nampula para a situação de inverno com temperatura exterior de projeto de 19,6°C.

Tabela 29. Balanço térmico na condição de inverno para o pequeno produtor na Província de Nampula

	unidade	Equação	1 sem	4sem
Temperatura interior pretendida	°C		31	26
<u>Ganhos de calor</u>				
Qan - calor sensível produzido pelos animais	W	4	4257,2	15781
<u>Perda de Calor</u>				
QB- perdas de calor pela Parede	W	5	3177,3	1789,2
QV – perdas devido à ventilação (sensível)	W	10	11150,7	12558,1
CV - Caudal de Ventilação (Gases)	m ³ /s	11	0,8	1,6
<u>Estimativa da temperatura interior</u>				
ΔT - variação de temperatura	°C	13	3,4	7,1
ti - temperatura interna estimada	°C	14	23,0	26,6
Necessidade de aquecimento	kW	15	10,1	-1,4

A temperatura do ar interior estimada é de 23 °C e 26,6 °C para os de frangos com 1 e 4 semanas respetivamente. A temperatura de 23°C alcançada para os frangos da 1 semana, é insuficiente para atender as necessidades térmicas dos frangos. Em resultado disso como já mencionado, na fase inicial os frangos quando submetidos a stress por frio apresentaram tendência de diminuir a frequência de idas ao comedouro e bebedouro em relação aos animais criados em ambientes de conforto. De modo a manter a temperatura pretendida próximas a 31°C, terá que se recorrer ao aquecimento com potência de 10,1 kW. No caso dos frangos de 4 semanas, a registar temperaturas próximas às pretendidas de 26,6°C não existe nenhuma necessidade de recorrer ao aquecimento. Uma vez não necessitando de aquecimento nesta fase (após 3 semanas), a manutenção da temperatura interna será feita apenas através do manejo de cortinas e uso de ventiladores tal como sugerido por Paula et al. (2014).

4.2.2.2. Médio produtor

A parede é constituída por blocos de betão de 0,15 m, rebocado nas faces à vista com espessura de 0,02 m. A cobertura de duas águas é de chapa ondulada de zinco com 0,40 mm de espessura. A lateral após o murete é totalmente aberta.

Na tabela 30 apresentam-se os resultados dos cálculos para o aviário tipo do médio produtor na Província de Nampula para a situação de verão com temperatura exterior de projeto de 39,6°C.

Tabela 30. Balanço térmico na condição de verão para o médio produtor na Província de Nampula

	unidade	Equação	1 sem	4sem
Temperatura interior pretendida	°C		31	26
<u>Ganhos</u>				
Qan - calor sensível produzido pelos animais	W	4	18792,0	62370,0
QB - Ganhos pela envolvente				
• QBc – ganhos pela cobertura	W	6	12664,8	12664,8
• Qc - Ganhos pela parede	W	6	5369,6	5369,6
QV – perdas devido à ventilação	W	10	44241,8	140094,2
• CV - Caudal de Ventilação	m ³ /s	11	4,3	8,6
<u>Estimativa da temperatura interior</u>				
ΔT - variação de temperatura	°C	13	1,36	3,29
ti - temperatura interna estimada	°C	14	40,9	42,9
Narr - Nec. Arrefecimento	kW	16	81,1	220,5

Verifica-se que o caudal de ventilação para manter a qualidade do ar é de 4,3 m³/s e 8,6 m³/s para frangos de 1 semana e 4 semanas de idade respetivamente. O cálculo do balanço térmico permite estimar a variação de temperatura interior, e logo estimar a temperaturas do ar interior de 40,9°C e 42,9°C para frangos de 1 e 4 semanas de idade respetivamente. Estas temperaturas estimadas irão provocar o stress severo aos frangos, que pode ser letal. Nesta situação em que as temperaturas estimadas estão acima de 40°C, será necessária recorrer a sistemas de arrefecimento, principalmente para os frangos de 4 semanas, sendo que se estimou potência de 81,1 kW e 220,5 kW. Nota se que a necessidade de arrefecimento para os frangos de 4 semanas é o muito superior as de 1 semana, demonstrando que quanto mais crescidos os frangos, maior a necessidade de

arrefecimento, o que se explica pela maior libertação de calor pelos frangos pelo aumento de peso.

Na tabela 31 apresentam se os resultados do cálculo para o aviário tipo no médio produtor na Província de Nampula para a situação de inverno com temperatura exterior de projeto de 19,6°C.

Tabela 31. Balanço térmico na condição de Inverno para o médio produtor na Província de Nampula

	unidade	Equação	1 sem	4sem
Temperatura interior pretendida	°C		31	26
<u>Ganhos de calor</u>				
Qan - calor sensível produzido pelos animais	W	4	18792,0	69660,0
<u>Perda de Calor</u>				
QB- perdas pela parede	W	5	4312,4	2428,4
QV – perdas devido à ventilação	W	10	49221,2	55433,6
CV - Caudal de Ventilação	m ³ /s	11	3,6	7,2
<u>Estimativa da temperatura interior</u>				
ΔT - variação de temperatura	°C	13	4,0	7,8
ti - temperatura interna estimada	°C	14	23,6	27,3
Necessidade de aquecimento	kW	15	34,7	-11,8

Constata-se que o caudal de ventilação para manter a qualidade do ar é de 3,6m³/s e 7,2 m³/s para os frangos de 1 e 4 semanas respectivamente. Verificou-se que a temperatura do ar interior estimado é de 23,6 °C e 27,3 °C para frangos de 1 e 4 semanas respetivamente. A temperatura alcançada para os frangos com 1 semana, é insuficiente para atender as necessidades térmicas. Portanto terá que se recorrer ao aquecimento com potencia de 34,7 kW. No caso dos frangos de 4 semanas, a registar temperaturas próximas às pretendidas de 27,3°C, pelo que não é necessário recorrer ao aquecimento, sendo a manutenção da temperatura interna dos pavilhões feita apenas através do manejo de cortinas e uso de ventiladores.

4.2.3 Comparação das condições ambientais nos pavilhões de produção de frangos nas províncias de Maputo e Nampula

As construções apresentaram diferenciação no comportamento térmico. Na situação de verão, as temperaturas estimadas atingem máximas de 43°C e 44°C nos aviários dos produtores de Nampula e menos quentes nos aviários de Maputo não ultrapassando os 40°C, como mostra o gráfico 1. Em todo caso, os resultados das altas temperaturas de verão registradas em todos os pavilhões mostram-se inapropriadas para a criação de frangos. Em particular na idade de 4 semanas, podendo resultar na redução de desempenho produtivo (consumo de ração, ganho de peso e viabilidade) e em períodos prolongados, levar à morte. Se mantendo a condição de temperaturas elevadas de 30 a 40°C ocorre redução de consumo de ração em 14,9%, bem como a taxa de crescimento de 12,5% (Henken et al., 1983). Além da redução do consumo de alimento, aumentaram o consumo de água em 5% para cada grau de aumento de temperatura, entre 32-38 °C (Mack, 2013).

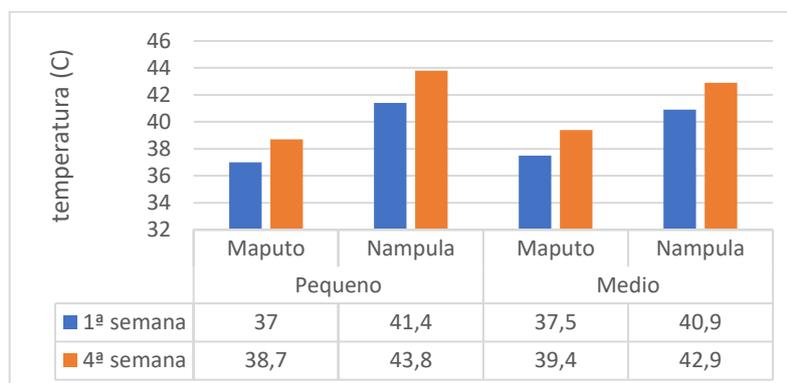


Gráfico 1. Temperatura máxima do ar interior estimada para os pavilhões de Nampula e Maputo na situação de verão

Quando as temperaturas estão acima de 25°C a humidade relativa passa a ter importância no conforto térmico dos frangos, tornando a respiração cada vez mais ofegante. Os frangos podem não ter capacidade suficiente para manter uma frequência respiratória alta o bastante para remover o excesso de calor interno, causando hipertermia, seguida de prostração e morte (Souza, 1997). O facto de os frangos aumentarem a transferência de calor por evaporação com auxílio da ofegação tem custo energético elevado, ou seja, deprimem a taxa de crescimento e a eficiência alimentar (Borges et al., 2003).

O aumento da temperatura do ar no interior dos aviários é resultado do balanço entre os ganhos e perdas de calor proveniente das superfícies da construção, ventilação, bem como dos frangos, entre outros. O facto de ocorrer diferença na temperatura do ar no interior em relação à temperatura pretendida, pode estar associado a materiais de construção desadequados que não permite uma eficiente resistência aos ganhos de calor ou a uma ventilação desajustada. Os cálculos demonstram que em situação de verão, os ganhos ocorrem fundamentalmente pela cobertura e pela ventilação.

Tratando-se de pavilhões abertos com ventilação natural os resultados reforçam que o controlo das condições do interior pelo ar vindo do exterior, principalmente no verão, faz com que as condições do interior se mantenham altamente dependentes das variações térmicas diárias, resultando em construções predominantemente quentes como as temperaturas estimadas, gerando condições de stress severo permanente aos frangos, e se prologados levando a perda total do lote, com prejuízo considerável da produção. Segundo Cruz e Batista (2013) quando a temperatura exterior ultrapassa 32°C, como na situação de verão, a eficácia do uso do efeito de ar exterior para controlar a temperatura interior diminui, sendo a única alternativa o uso do arrefecimento evaporativo para efetivamente refrescar os frangos e manter a temperatura estável. Nesse caso, o aconselhável seria a utilização de ventiladores para aliviar o stress por calor, uma vez que aumentaria a perda de calor por convecção (Baracho et al., 2011).

Os ganhos de calor pela ventilação são relevantes em todos aviários principalmente dos médios produtores, bem como ganhos pela cobertura dos médios em Nampula, como mostra o gráfico 2. Este facto pode estar relacionado a frequência em que os aviários tipo de Nampula apresentarem na sua maioria cobertura de zinco de espessura bastante reduzida, sem isolamento. Segundo Czarick e Fairchild (2008) nas condições de criação é comum encontrar sistemas de produção com uma cobertura não isolada a favorecer aumento de 1 a 5 ° C da temperatura interior acima da temperatura do ar ambiente. Estes resultados conduzem a ideia de que para um melhor controlo ambiental usando zinco, os telhados devem ser isolados termicamente ou em alternativa usar materiais de cobertura mais eficientes do ponto de vista térmico. O maneio nesses tipos de aviários exige vigilância constante e pró-ativo em resposta às mudanças nas condições ambientais ao longo do dia (Avigen, 2010).

Alem da cobertura, a envolvente dos aviários de Nampula compostos por paredes de argila, mostram comportamento de maior resistência térmica, o que está associado a menores ganhos de calor e alternativa viável para o contexto de Moçambique.

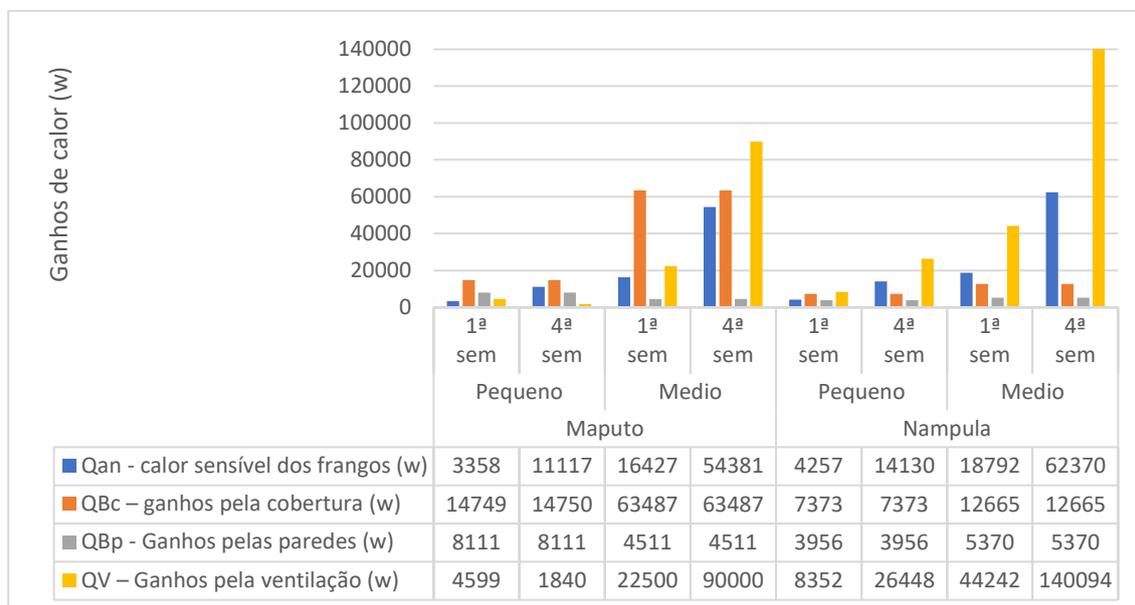


Gráfico 2. Distribuição relativa dos ganhos de calor nos pavilhões de Nampula e Maputo na situação de verão

Na situação de inverno as temperaturas estimadas para os frangos de 4 semanas, mostram que não é necessário aquecimento, como se pode observar para os pequenos e médios produtores de Nampula, com temperaturas próximos a 27°C. No caso de frangos da 1 semana verifica-se temperatura muito abaixo da pretendida, principalmente em Maputo como mostra o gráfico 3. Segundo Ferreira (2017) temperaturas abaixo da zona de conforto para pintos nas três primeiras semanas de vida, causam stress, afetando o seu desempenho, o desenvolvimento dos órgãos, padrões fisiológicos e hematológicos. Por sua vez Oviedo-Rondón (2014) observou, em frangos de corte com 7 dias de idade criados a 20°C aumento de 9 vezes na perda de calor corporal por radiação e redução de 15,5% do peso corporal em relação aos animais criados no conforto. Por isso é imprescindível a necessidade de aquecimento para manter a temperatura do ar interior dentro da faixa recomendada, como já demonstrado anteriormente neste trabalho. No caso de Nampula com temperatura de 23°C, dependendo da disponibilidade de recursos, o aquecimento pode ser ponderado, uma vez que segundo Cassuce (2011) durante a primeira fase de vida

dos frangos, temperaturas de 21 a 24°C são suportáveis, embora não desejadas para conseguir obter baixa taxa de mortalidade.

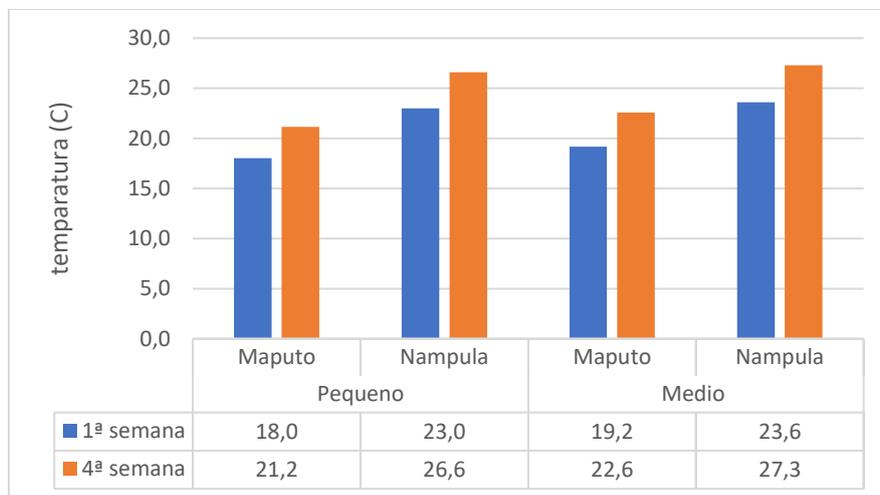


Gráfico 3. Temperatura mínima do ar interior estimada para os pavilhões de Nampula e Maputo na situação de inverno

As perdas de calor resultam maioritariamente da ventilação, principalmente nos médios produtores de Maputo e Nampula, associado a abertura das janelas de ventilação para manter a qualidade do ar como mostra o gráfico 4. O caudal de ventilação é mínimo, de modo a manter a atmosfera interior respirável e por vezes é necessário admitir que a temperatura atinja valores abaixo do ótimo, ou seja, repondo oxigênio, assim como extraindo gases e vapor de água (Abreu e Abreu, 2001).

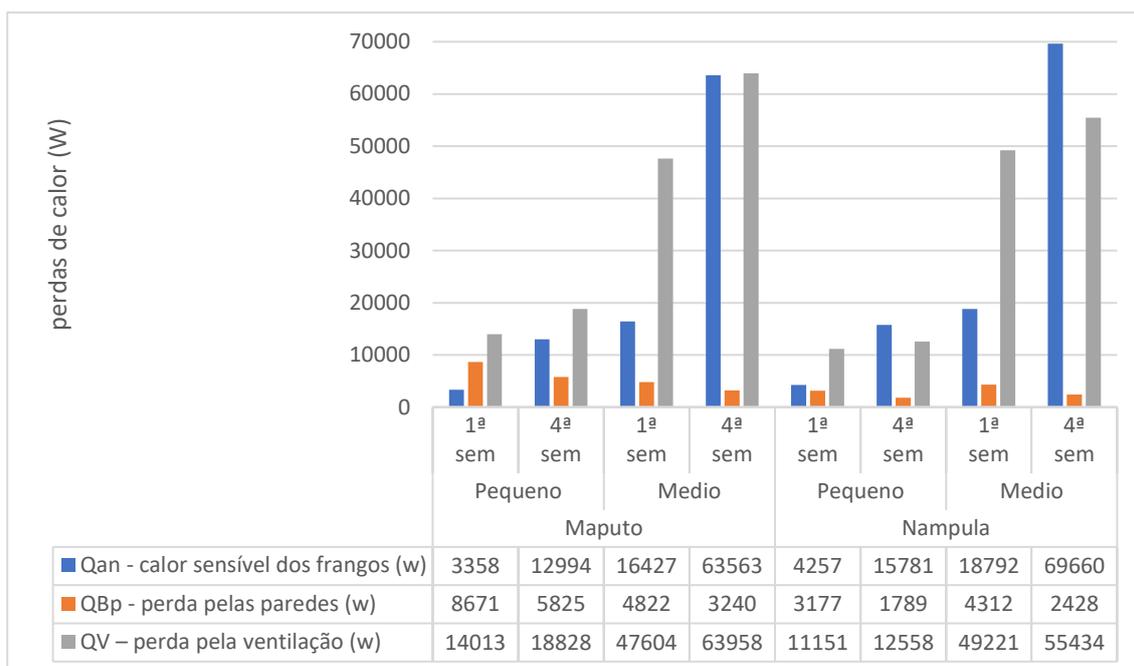


Gráfico 4. Distribuição relativa das trocas de calor do ar interior para os pavilhões de Nampula e Maputo na situação de inverno

Particular atenção e maior potencia de aquecimento será requerida para os frangos de 1 semana e menos ou quase nenhum aquecimento em determinados casos para os frangos de 4 semanas, pois temperatura de 21°C para idade de 31 dias ate ao abate, é aceitável (Oliveira et al., 2006).

Em termos de custo, nota-se que nos aviários de Moçambique, ocorre maior gasto de energia para arrefecimento no verão do que para o aquecimento no inverno. Este facto confirma as conclusões do relatório FAOSTAT de 2014, que considera que o arrefecimento consome entre 45% a 90% do total da energia elétrica final, durante o período laboral (diurno) e cerca de 10% durante o período noturno.

4.3. Temperatura do ar medida nos aviários da província de Maputo

Tendo em consideração o levantamento de campo realizado nos pavilhões 1 e 2 do produtor integrado da empresa Higest, foi realizada a avaliação da temperatura real medida no interior dos pavilhões em setembro e em junho de 2017.

As temperaturas de projeto máximas e mínimas encontram-se na tabela 20.

Com os dados da temperatura do ar interior medida, o intervalo de temperatura aconselhado e a temperatura de projeto foram gerados gráficos, que permitiram avaliar o nível de conforto térmico no interior dos pavilhões em produção e relacionar com as condições no exterior.

A caracterização do clima no interior dos Pavilhões 1 e 2 é representada em gráficos a partir do comportamento das variáveis de temperatura no decorrer dos dias (1 a 7).

O gráfico 5 mostra a temperatura média medida entre as 0:00 e 03:00 horas no pavilhão 1 nos meses de junho e setembro na 1ª semana de idade dos frangos.

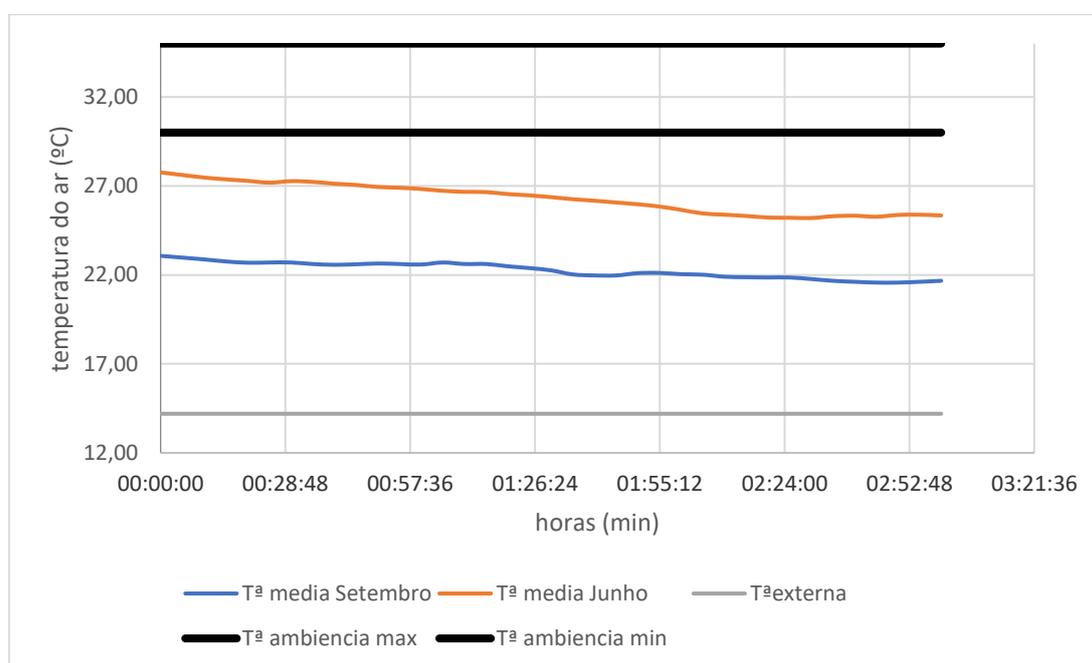


Gráfico 5. Variação da temperatura de inverno no mês de junho e setembro do pavilhão 1 entre as 00:00 e as 03:00h

A temperatura registada no interior dos pavilhões no decorrer dos dias (1 a 7), durante a noite esteve abaixo do intervalo de temperatura recomendado de 30 a 35°C evidenciando a necessidade de aquecimento dos aviários. Entretanto estiveram acima da temperatura de projeto (temperatura externa) de 15,8°C, demonstrando o efeito positivo do aquecimento tido durante esse período. Ainda assim, observa-se que os valores médios de temperatura tiveram uma tendência a queda no decorrer do tempo, alcançando os valores de temperatura mínimos, perto das 3h horas. Este comportamento pode ser derivado do não reabastecimento dos aquecedores de lenha durante a noite. Portanto os

meses de junho e setembro revela frangos em stress por frio ou muito próximo do desconforto.

O gráfico 6 mostra a temperatura média medida entre as 0:00 e 03:00 horas no pavilhão 2 nos meses de junho e setembro na 1ª semana de idade dos frangos.

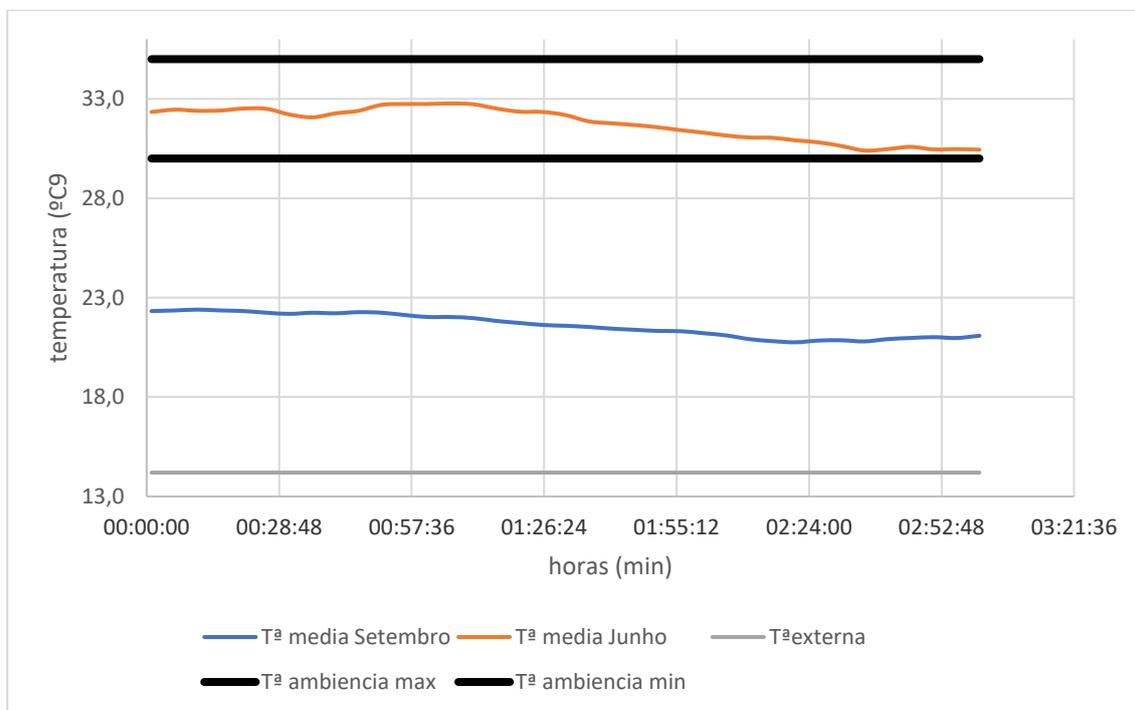


Gráfico 6. Variação da temperatura nos meses de junho e setembro no pavilhão 2 entre as 0:00 e as 03:00h

Contrariamente ao registrado no pavilhão 1 nota-se que a temperatura no mês de junho mantém-se dentro do intervalo recomendado. Possivelmente o aquecimento deva ter sido melhor acompanhado comparativamente ao mês de setembro, uma vez que se tratavam de pavilhões localizados no mesmo local e com o mesmo produtor. O mês de setembro revela temperatura fora do intervalo da temperatura recomendável, portanto os frangos apresentam-se em stress por frio ou muito próximo do desconforto.

O gráfico 7 mostra a temperatura média medida entre as 12:00 e as 15:00 horas no pavilhão 1 nos meses de junho e setembro na 1ª semana de idade dos Frangos.

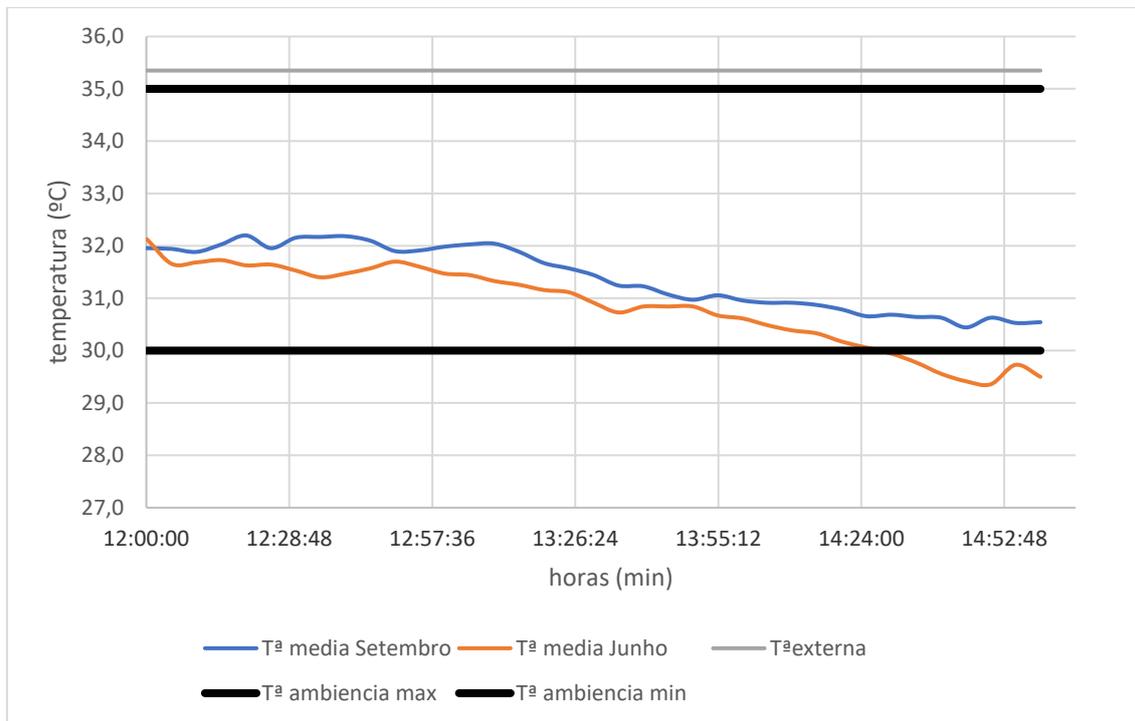


Gráfico 7. Variação da temperatura de verão nos meses de junho e setembro no pavilhão 1 entre as 12:00h e 15:00h

A temperatura registada no interior dos pavilhões ao longo das horas mais quentes, demonstram temperatura dentro do recomendável e abaixo da temperatura externa. Nessa perspetiva poderíamos imaginar que o simples facto de se ter uma instalação, propicia a melhoria das condições de conforto dos frangos quando comparado com as condições no exterior.

O gráfico 8 mostra a temperatura média medida entre as 12:00 e 15:00 horas no pavilhão 2 nos meses de junho e setembro na 1ª semana de idade dos Frangos.

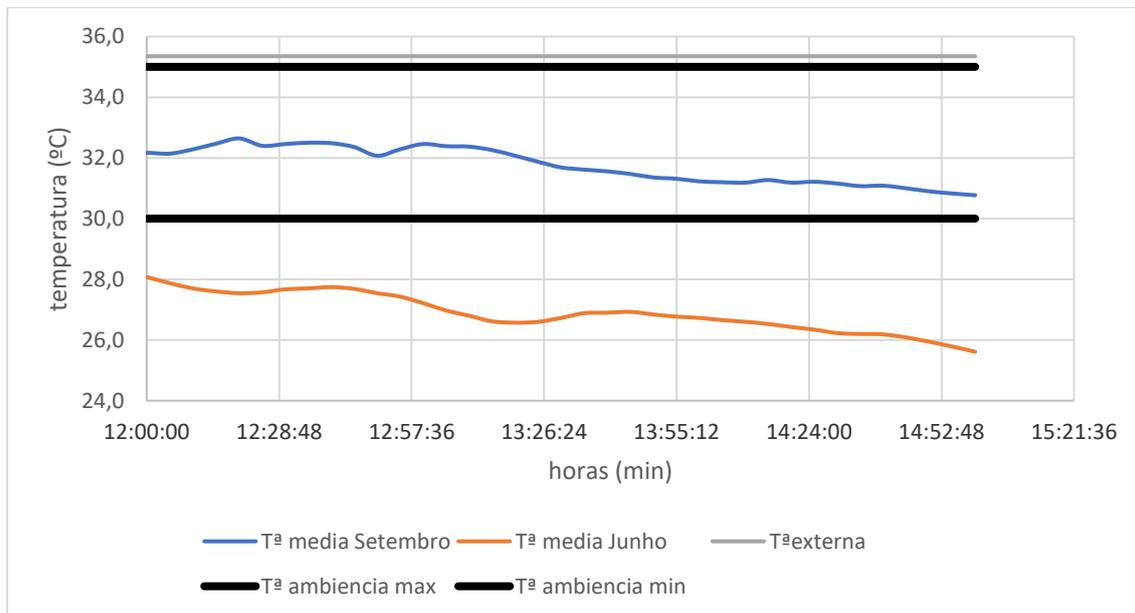


Gráfico 8. variação da temperatura de verão nos meses de junho e setembro do pavilhão 2 entre as 12:00 e 15:00h

No pavilhão 2 os registros mostram que ao longo das horas mais quentes do mês de setembro a temperatura permaneceu dentro do recomendável, contrariamente a junho que apresentou temperaturas abaixo da faixa mínima de temperatura ideal. No entanto, os valores médios do mês de setembro, a medida que se aproximava das 15 horas, observou-se uma tendência a aproximar-se do limite inferior da zona de conforto, indicando a possibilidade de ter ocorrido stress ligeiro durante algum período do dia.

..

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O levantamento do tipo de aviário permitiu caracterizar o perfil das instalações da Província de Maputo e Nampula, sendo possível observar a necessidade de informação técnica aos produtores e aos intervenientes da atividade, assim como a adequação para a melhoria das construções, conforme as necessidades ao longo do ciclo de produção.
- A caracterização realizada nos pavilhões mostrou diversidade de materiais utilizados. De um modo geral as instalações são abertas, com ventilação natural e apresentam baixo nível tecnológico.
- A densidade de criação praticada pelos produtores variou maioritariamente entre 13 e 14 frangos/m².
- Muitos dos modelos de aviários visitados em Moçambique, resultam de inovações introduzidas pelos próprios criadores, tendo como material de construção os recursos existentes e abundantes na região, como p.e. na província de Nampula que apresenta 46,7% de cobertura feita palha de Palmeiras.
- As melhorias nos sistemas de condicionamento dos frangos em Moçambique concentraram-se no fornecimento de um ambiente que satisfaça os requisitos térmicos.
- No período de verão a alta incidência de radiação solar sobre a cobertura das instalações avícolas é um dos principais causadores do stress térmico nos frangos, podendo alcançar temperaturas de 42,9 °C nos médios produtores de Nampula.
- O constrangimento da produção de frangos em Moçambique é mais grave se tratando de frangos adultos na idade próximos ao abate, quando apresentam maior sensibilidade a temperaturas altas, agravado pela alta humidade no período do verão devido a chuvas, inviabilizando o sistema de arrefecimento evaporativo.
- Nos pavilhões estudados na província de Maputo, observou-se que com um controlo adequado do sistema de aquecimento durante a noite é possível manter a temperatura no interior dos aviários dentro dos limites recomendados para a 1^a semana de idade.

- Durante o dia a temperatura mantém-se dentro do recomendável e abaixo da temperatura exterior, o que mostra a melhoria das condições de conforto dos frangos quando comparado com as condições no exterior.
- É necessário recorrer a sensores para medir a temperatura do ar no interior dos aviários de modo a controlar adequadamente as condições térmicas que influenciam o desempenho dos frangos ao longo do ciclo de produção possibilitando melhores condições e favorecendo o aumento da produtividade.

Como trabalho futuro pretende-se desenvolver um estudo técnico para modelos de aviários para pequenos, médios e grandes produtores tendo como base materiais disponíveis e técnicas construtivas em Moçambique.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrix. (2014). *Investment Opportunities for Dutch Agrifood Companies in Mozambique*. Pretoria: Agricultural Council from the Netherlands Embassy in Pretoria. 98p

Abreu, P. G. e Abreu, V. M. (2001). *Função e Manejo da Cortina de Aviários (CT 273)*. Embrapa Suínos e Aves. 1-2 p.

Avigen. (2010). *Gerenciamento Ambiental em uma Granja de Frangos*. Brasil. 48p

Baêta, F.C. (2008). *Sistema de ventilação natural e artificial na criação de Aves*. In Simpósio internacional sobre Ambiência e Sistemas de Produção Avícola de Concordia. Embrapa Suínos e Aves, 96-117pp.

Baracho, M. N. (2011). *Surface Temperature Distribution in Broiler Sheds*. Magazine Sciences, 13, 56-63 pp.

Boiago, M. B. (2013). *Desempenho de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Diferentes Fontes de Selênio, Criados Sob Condições de Estresse Térmico*. Arquivo de Medicina Veterinária e Zootecnia, 65, 241-247 pp.

Borges, S. A., Maiorka, A., Silva, A. V. F. (2003). *Fisiologia do Estresse Calórico e a Utilização de Eletrólitos em Frangos de Corte*. Ciência Rural, 33, 975-981pp.

Breedt H.T. e Uitenweerde R.T. (2000). *Small-Scale Poultry Housing in South Africa*. Pretoria: ARC-Institute for Agricultural Engineering, 71p.

Cassuce, D. C. (2011). *A determinação das faixas de conforto térmico em aves de diferentes idades criadas no Brasil (tese de doutorado)*. Universidade Federal de Viçosa. Brasil. 103p.

Cobb. (2012). *Manual de Manejo de Frangos de Corte Cobb*. 68p.

Cravo, J. C. (2012). *Caracterização Tipológica de Aviários em Uma Integradora do Estado de São Paulo*. Revista Ciências Agrárias, 55, 154-158 pp.

Cravener, T. L., Roush, W. B., Mashaly, M. M. (1992). *Broiler Production Under Varying Population-Densities*. Poult. Sci ,71, 427–433pp.

- Czarick, M., Fairchild, B.B. (2008). *Poultry production in hot climates*. Poultry production in hot climates. (2nd edition. 80-117pp). University of Georgia. Georgia: Cab International.
- Crazick, M., e Fairchild, B. (2013). *Brooding Temperatures and heating costs*. *Poultry Housing Tips*. College of Agricultural and Enviromental Sciences. University of Georgia, 9-25pp
- Czarick, M., Teo M. L., Fairchild, B. (2017). *Bird Density and Its Influence on Effective Temperature*. *Poultry Housing Tips*. (Volume 29 Number 5. 1-3pp). University of Georgia: College of Agricultural and Environmental Sciences Cooperative Extension.
- Fitas da Cruz V. e Baptista F. (2006). *Conceitos Básicos Sobre Ventilação no Alojamento de Suínos*. 72, 40-48pp
- Damerow, G. (2016). *The Chicken Health Handbook*. In Damerow, G., *Mysteries of Metabolism*. (2nd Edition, 102-107pp). united State: Deb Burn.
- Dieyeh, Z. H. (2006). *Effect of Chrnic Heat Stress and Long Term Restriction On Broiler Performance*. *Internacional Journal of Poultry Science*, 5, 185-190 pp.
- DNSV (2016). *Programa de Intensificação da Produção Pecuária 2015 - 2019*. *Moçambique: Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar*. 24p
- Donald, J. (2008). *Planning Broiler Housing for Environmental Control Systems*. *Simpósio Internacional sobre Ambiência e Sistemas de Produção Avícola*. Embrapa Suínos e Aves, 118 - 143 pp.
- Eekeren, N. V. (2006). *Criação de Galinhas em Pequena Escala* (Série Agrodok No. 4). Wageningen: Fundação Agromisa. 101p.
- Estrada-Pareja M. M. e Márquez-Girón, S. M. (2007). *Effect of Temperature and Relative Humidity on the Productive Behaviour and the Transfer of Heat* in broilers. *Revista Colombiana de Ciências Pecuárias*, 20, 288-303pp.
- Etches, R.J., John, T.M., Verrinder, A.M. (2008). *Behavioural, Physiological, Neuroendocrine and Molecular Responses to Heat Stress*. *Poultry production in hot climates*. Cab International, 2nd edition, 49-69pp.

Fabrício, J. R. (1994). *Influência do Estresse Calórico no Rendimento da Criação de Frangos de Corte*. In Conferência apinco de ciência e tecnologia avícolas, SP: FACTA. 129-136pp.

FAO. (2011). *Elements of construction*. In FAO, Rural structures in the tropics. Design and development (pp. 149-204). FAO: Italy.

FAOSTAT (2014). *Faostat Domains*. Obtido de Statistical Database Faostat: www.fao.org/faostat/en/#data/QA/visualize

Fernandes E. O. (1991). *Introdução a Térmica de Edifícios*. in D. g. energia, Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (5-18 pp). Porto: Direção geral da Energia.

Ferreira, C. B. (2017). *Efeitos do Estresse por Frio em Frangos de Corte na Fase Inicial de Criação*. (Tese Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, 74p

Fiorelli, J., Fonseca, R., Morceli, J. A. B., Dias, A. A. (2010). *Influência de Diferentes Materiais de Cobertura no Conforto Térmico de Instalações para Frangos de Corte no Oeste Paulista*. Eng. Agríc, vol.30, 986-992pp.

Furlan, R. L., Macari, M. Secato, E. R., Guerreiro, J. R., Malheiros, E. B. (2000). *Air Velocity and Exposure Time to Ventilation Affect Body Surface and Rectal Temperature of Broiler Chickens*. Journal Applied Poultry Research, 9, 1-5pp.

Gaspar, C. T. (2013). *Manual de Procedimentos para Criação de Frangos em pequena escala*. (3 ed.). Moçambique: Tecnoservice. 54p

Glatz, P., e Pym, R. (2013). *Poultry Housing and Management in developing countries*. Poultry Development Review, pp. 23 - 41.

Guedes, M. C. (2011). *Arquitetura Sustentável em Angola* (1ª Ed.). Lisboa: CPLP (Comunidade de Países de Língua Portuguesa). 90p.

Henken, A. M., Groote Schaarsberg, A. M., van der Hel, W. (1983). *The Effect Of Environmental Temperature on Immune Response and Metabolism of the Young Chicken*. (4ª Ed). Effect of environmental temperature on some aspects of energy and protein metabolism. Poult Sci, 62, 59-67pp.

- Hellickson, M., e Walker, J. (1983). *Ventilation of Agriculture Structures*. (1ª Ed.). USA: Amer Society of Agricultural. 372 p.
- INE (2017). *Divulgação dos resultados Preliminares IV RGPH 2017*. Moçambique. 4p
- Lana, G. R. (2000). *Avicultura*. São Paulo: Livraria e editora rural. 268p
- Lima, K. A. (2011). *Avaliação do Ambiente Térmico Interno em Galpões de Frango de Corte com Diferentes Materiais de Cobertura na Mesorregião Metropolitana de Belém*. Revista De Ciências Agrárias, 37 - 50 pp.
- Lindley, J.A. e Whitaker, J.H. (1996). *Agricultural Buildings and Structures*. Revised edition. Universidade da Califórnia: American Society of Agricultural e Biological Engineers. 530p.
- LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil). (2006). *Coeficiente de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios* (1ª ed.). Lisboa: ICT informação técnica
- Lu, Q., Wen, J., Zhang, H. (2007). *Effect of Chronic Heat Exposure on Fat Deposition and Meat Quality in Two Genetic Types of Chicken*. Poult Sci., 86, 1059-1064p.
- Macari, M. (1996). *Conforto Ambiental para Aves: Ponto de Vista do Fisiologista*. Simpósio goiano de avicultura. Goiânia: UFG/AGA. 57-60 pp
- Machado, N. T. (2012). *Resfriamento da Cobertura de Aviários e Seus Efeitos na Mortalidade e nos Índices de Conforto Térmico*. Revista Nucleus, 9, 50-62 pp.
- Mack, L.A., Felver-gant, J.N., Dennis, R.L., Cheng, H.W. (2013). *Genetic Variations Alter Production and Behavioral Responses Following Heat Stress in 2 Strains of Laying Hens*. Poultry Science, 92, 285-294pp.
- Mata, B. B. (2000). *Estudo para o controle da doença de Newcastle com aplicação da vacina I-2: Criação de galinhas e a doença de Newcastle no Sector Familiar em Angoche e Manjakaze e Análise Custo/Benefício na Produção, Distribuição e Utilização da vacina I-2*. Projeto IFAD. Moçambique: INIVE/DNER.

Mazzi, C. M. et al. (2002). *Effect of heat exposure on the thermoregulatory responses of selected naked neck chickens*. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 54, 35-41pp.

Medeiros, C. M. (2001). *Ajuste de Modelos e Determinação de Índice Térmico Ambiental de Produtividade para Frangos de Corte*. (Doutorado em Construções Rurais e Ambiência). Universidade de Federal de Viçosa. 3-95pp.

Menegali, I., Tinôco, I. de F. F., Baêta, F. C., Cecon, P. R., Guimarães, M. C. C., Cordeiro, M. B. (2009). *Ambiente Térmico e Concentração de Gases em Instalações para Frangos de Corte no Período de Aquecimento*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 13, 984-990pp.

MEF (Ministerio da Economia e Finanças). (2016). *Cadeia de Valor de Frango em Moçambique*. Maputo: Ministério da Economia e Finanças. 70p

Moraes, V. M. B., Malheiros, R. D., Furlan, R. L., Bruno, L. D. G., Malheiros, E. B. and Macari, M. (2002). *Efeito da Temperatura Ambiente Durante un Primeira Semana de Vida de Frangos sobre o Peso Vivo, Desenvolvimento de Vísceras e Crescimento Ósseo*. Revista Brasileira de Ciências Avícolas, 4, 1-8pp.

Morgan, W. E. (1990). *Heat Reflective Roof Coating*. American society Agricultural Engeneers, 9p.

Moro, D. (1998). *Sistema de Aquecimento para Aves*. Simpósio Intenacional sobre Ambiência e sistemas de Produção Avícola. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 73 - 83 pp.

Mosca, J. (2016). *Cadeias de Valor e Ambiente de Negócios na Agricultura em Moçambique*. Maputo: Observador do Meio Rural. 34p

Muchagos A. (1999). *Moçambique Paisagens e Regiões Naturais*. Moçambique: República de Moçambique. 159p

Nääs, I. de A., Miragliotta, M. Y., Baracho, M. dos S., Moura, D. J. de. (2007). *Ambiência Aérea em Alojamento de Frangos de Corte: Poeira e Gases*. Engenharia Agrícola, 27, 326-335pp.

- Nascimento, G. R. do., Nããs, I. A., Baracho, M. S., Pereira, D. F., Neves, D. P. (2016). *Termografia Infravermelho na Estimativa de Conforto Térmico de Frangos de Corte*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18, 658–663pp.
- Nicolau, Q. C. (2011). *Análise das Transformações Técnicas Produtivas da Avicultura de Corte em Moçambique: Do Estado Estruturante ao Liberalismo Económico*. Revista de Ciências Agrárias, 182-198 pp.
- OECD (2018), *Meat Consumption*. Consultado em: 18/01/2018 Disponível em: 10.1787/fa290fd0-en
- Olanrewaju, H. A., Purswell, J. L., Collier, S. D. and Branton, S.L. (2010). *Effect of Ambient Temperature and Light Intensity on Physiological Reactions of Heavy Broiler Chickens*. Poultry Science, 89, 2668–2677pp.
- Oliveira, R.F.M., Donzele. J.L., Abreu. M.L.T. et al. (2006). *Efeitos da Temperatura e da Umidade Relativa sobre o Desempenho e o Rendimento de Cortes Nobres de Frangos de Corte de 1 a 49 dias de Idade*. Revista Brasileira de Zootecnia, 35, 797-803pp.
- Oosthuysen, P. (2013). *Opportunities and Challenges for Poultry Production in Sub-Saharan Africa*. SouthAfrica. Obtido de <https://www.wattagnet.com/articles/17306-opportunities-and-challenges-for-poultry-production-in-sub-saharan-africa>
- Oviedo-Rondón, E. O. (2014). *Efecto de la Temperatura y de la Velocidad del aire en Naves de Pollos*. PV ALBEITAR, 29: 109–111pp.
- Perdomo, C. C. (1999). *Sugestões para o Manejo, Tratamento e Utilização de Dejetos de Suínos*. Concórdia: Embrapa-CNPSA. 2p.
- Pereira, L. (2011). *Origem da Cadeia de Valor – Inputs, produção, serviços*. Lisboa :TechnoServe. 12p
- PES. (2013). *Proposta Do Plano Económico E Social Para 2014*. Maputo : Governo de Moçambique. 171p
- Regulamento das características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). (2006). Decreto-Lei N° 80/2006
- Rivero, R. (1986). *Condicionamento Térmico Natural: Arquitetura e Clima*. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores. 240 p

Ronchi, C. (2004). *Principais Práticas de Manejo para Aves Recém-Nascidas*. Revista Aveworld, 6, 26-30pp.

Rosa, Y. B. C. J. (1984). *Influência de Três Materiais de Cobertura no Índice de Conforto Térmico, em Condições de Verão, para Viçosa* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. 77p.

Ross. (2014). *Manual de Manejo de Frangos Ross*. 123p

Saraz, J. A., Tinôco, I. F., Gates, R. S., Mendes, L. B., & Paula, M. O. (2013). *Evaluation of Different Methods for Determining Ammonia Emissions in Poultry Buildings and Their Applicability to Open Facilities*. Dyna, 80, 51-60 pp.

Santos, T.M.B., Lucas, Jr., Sakomura, N. K. (2005). *Effects of Broiler Stocking Density and Poultry Litter Reuse in Broiler Performance and Poultry Litter Production*. Portuguese journal of veterinary science, 100, 45-52pp.

Silva, M. G. (2015). *Desempenho Térmico de Tipos de Coberturas no Interior de Modelos Reduzidos de Galpões Avícolas*. Botucatu: Revista Energia na Agricultura, 30, 269- 275pp.

Silva, I. J. (2001). *Ambivalência na Produção Industrial de Aves em Clima Tropical*. (Vol. 2). Piracicaba: FUNEP, 75-148 pp.

Simmons, J.D., Lott, B.D., Miles, D.M. (2003). *The Effects of High Air Velocity on Broiler Performance*. Poultry Science, 82, 232–234pp.

Schiassi, L. Junior, T. Y. Ferraz, P. F. P. Campos, A. T. Silva, G. R. Abreu, L. H. P. (2015). *Comportamento de Frangos de Corte Submetidos a Diferentes Ambientes Térmicos*. Engenharia Agrícola, 390-396pp,

Souza, J. L. (1997). *Série Didática - Manual de construções Rurais*. Curitiba: UFPR/SCA/DETR, 165 p

Souza, P. (2005). *Avicultura e Clima Quente: Como Administrar o Bem-estar às Aves?* 96, 1 – 6 pp

Sonaiya, E. B., & Swan, S. E. (2004). *Small- scale poultry Production*. In FAO. Roma.

Sullivan, P. A., & Rodrigues, E. H. (2004). *Sombreamento arbóreo e orientação de instalações avícolas*. Engenharia Agrícola, 24, 241-245pp.

Tinôco, I. de F. F. (2001). *Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros*. Revista Brasileira de Ciência Avícola, 3, 1-26pp.

UNEP. (2006). *Eco-housing Guidelines for Tropical Regions*. Obtido em 04 de Janeiro de 2017. Disponível em http://eco-library.theplanetfixer.org/docs/housing/tropical-house-design/ecohouse%20guidelines_261106_for%20review.pdf.

Vernooij, A., Dos Santos, M., & Van, M. (2016). *Livestock Development in the Zambezi Valley, Mozambique: Poultry, Dairy and Beef Production*. Wageningen University and Research. Wageningen: Centre for Development Innovation. 119p

Vidal, B. V., Rodenas, E. S., Salvador, A. G. (2004). *Climatizacion: Balance de calor, aislamiento y ventilacion*. In Vidal B. V., *tecnologia de la Produccion Animal (73-84)*. Valencia:Departamento de Ciência Animal da Universidade Politecnica de Valencia.

7. ANEXOS

Diferença efetiva de temperatura (°C) das paredes em função do tipo de parede. (RCCTE, 2006)

	Paredes leves	Paredes medias	Paredes pesadas
ΔT_e (°C)	9,5	7	6,5

Diferença efetiva de temperatura (°C) da cobertura em função do tipo de cobertura e da sua cor. (RCCTE, 2006)

Cor	Cobertura (°c)		
	Terraço sem teto falso	Terraço com teto falso ou cobertura em desvão não ventilado	cobertura em desvão ventilado
Clara (inclui telha vermelha)	4	3	2
Escura (preto, cinzento-escuro)	11,5	10	7,5

Dados climáticos para a região de Maputo

Month	Air temperature	Min	Max	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed
	°C	°C	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s
January	25.8	20,2	36,8	68,5	6,17	99.2	3.6
February	25.6	20,2	36,4	69,7	5.77	99.3	3.5
March	24.7	19,3	35,2	70,4	5.19	99.5	3.1
April	23.1	17,5	33,5	67,6	4.55	99.7	3.1
May	21.3	15,3	32,1	61,9	4.07	99.9	2.9
June	19.3	13,0	30,2	57,9	3,73	100.2	2.9
July	18.9	12,7	30,2	58,8	3.89	100.2	3.0
August	20.9	14,4	34,2	55,8	4.36	100.1	3.8
September	23.1	17,0	37,5	55,8	4.98	99.9	3.9
October	24.0	18,6	38,4	59,6	5.08	99.8	4.1
November	24.7	19,6	37,4	64,0	5.51	99.5	4.1
December	25.4	20,0	36,4	66,9	5.96	99.3	3.7
	23.1	17,3	34,8	63,1	4,94	99,7	3,5

Fonte: Surface Meteorology and Solar Energy (SSE)

Dados climáticos exteriores para a região de Nampula

Month	Air temperature	Min	Max	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature
	°C	°C	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C
January	26.5	22,2	35,0	74.5%	5.64	98.6	3.2	27.3
February	26.1	21,9	34,5	76.1%	5.60	98.6	2.8	26.8
March	25.8	21,2	34,9	74.7%	5.41	98.8	3.2	26.6
April	25.1	20,2	34,7	71.1%	4.94	99.0	3.2	25.9
May	24.2	18,8	34,5	64.6%	4.52	99.2	3.7	25.2
June	23.1	17,8	33,5	62.0%	4.11	99.5	3.8	24.3
July	23.1	17,7	35,0	58.4%	4.24	99.6	4.3	24.8
August	24.2	18,4	38,7	54.7%	5.01	99.5	3.9	26.9
September	26.1	20,4	43,0	51.7%	6.01	99.3	3.9	29.9
October	27.2	22,0	44,1	53.2%	6.42	99.1	4.3	31.3
November	27.6	22,6	41,9	58.6%	6.38	98.9	5.0	30.7
December	27.1	22,6	37,9	67.2%	5.94	98.8	4.0	28.9
	25,5	20,5	37,3	63,90%	5,35	99,1	3,8	27,4

Fonte: Surface Meteorology and Solar Energy (SSE)