

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES TÉRMICO, AÉREO E
ACÚSTICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SUÍNOS,
NAS FASES DE CRECHE E TERMINAÇÃO**

CARLOS AUGUSTO DE PAIVA SAMPAIO

CAMPINAS - SP
DEZEMBRO DE 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES TÉRMICO, AÉREO E
ACÚSTICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SUÍNOS,
NAS FASES DE CRECHE E TERMINAÇÃO**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, como parte das exigências para obtenção do título de **Doutor em Engenharia Agrícola**. Área de concentração: **Construções Rurais e Ambiência**.

CARLOS AUGUSTO DE PAIVA SAMPAIO

Orientadora: Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs

CAMPINAS - SP
DEZEMBRO DE 2004

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

Sa47c Sampaio, Carlos Augusto de Paiva
Caracterização dos ambientes térmico, aéreo e acústico em sistemas de produção de suínos, nas fases de creche e terminação / Carlos Augusto de Paiva Sampaio.--Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Irenilza de Alencar Nääs.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Suíno. 2. Ar - qualidade. 3. Gases - medidas. 4. Poeira. 5. Ruído. I. Nääs, Irenilza de Alencar. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

RMS-BAE

Título em Inglês: Characterization of thermal, aerial and acoustic environment in swine systems confinement – growing and finishing production

Palavras-chave em Inglês: Swine; Air-quality; Gases-Measurement; Dust e Noise level

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiência

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Jorge de Lucas Júnior; Aníbal de Sant'Ana Moretti; Lucila Chebel Labaki e Daniella Jorge de Moura

Data da defesa: 16/12/2004

CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES TÉRMICO, AÉREO E ACÚSTICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SUÍNOS, NAS FASES DE CRECHE E TERMINAÇÃO

Carlos Augusto de Paiva Sampaio

Engenheiro Agrícola

Aprovada em: 16/12/2004

Comissão julgadora:

Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs

FEAGRI/UNICAMP

Prof. Dr. Jorge de Lucas Júnior

FCAV/UNESP

Prof. Dr. Aníbal de Sant'ana Moretti

FMV/USP

Profa. Dra. Lucila Chebel Labaki

FEC/UNICAMP

Profa. Dra. Daniella Jorge de Moura

FEAGRI/UNICAMP

CAMPINAS - SP
DEZEMBRO DE 2004

Aos meus pais:

Olnei Sampaio e Maria de Paiva Sampaio (D. Zita),
pelos exemplos de vida e ensinamentos;

Ofereço...

À Paula e Caio, meus filhos,
grandes motivadores de tudo.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Santa Catarina e colegas do Departamento de Engenharia Rural do Centro de Ciências Agroveterinárias, pela compreensão e esforços que possibilitaram este trabalho.

À Professora Dra. Irenilza de Alencar Nääs, pela orientação, ensinamentos, entusiasmo e apoio na realização deste trabalho.

À Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, pela estrutura e oportunidade para o desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES, pela concessão da bolsa e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo apoio financeiro para a implantação do projeto.

Aos Professores da Faculdade de Engenharia Agrícola (Feagri/Unicamp), pelos ensinamentos e, aos funcionários, pela atenção dispensada.

Aos proprietários das granjas, que permitiram o acesso às instalações viabilizando este trabalho e a todos os funcionários, nas pessoas do Sr. Paulo César Michelone, gerente da granja Querência; Sr. Neudir Vieira Bastos, gerente da granja Castelo e da Sra. Patrícia M. Mendes, gerente das Granjas Bawman, pelo apoio e atenção demonstrados.

Aos colegas de Pós-Graduação do grupo de ambiência: Sílvia, Yamília, Késia, Miwa, Marta, Danilo e demais..., companheiros durante a execução deste trabalho.

Ao colega de Pós-Graduação Douglas D'Alessandro Salgado, pelo interesse e auxílio na análise estatística.

Ao estudante de iniciação científica Marcos Paulo Garcia de Queiroz, pelo interesse e participação durante o período experimental.

Em especial a Deus, por ter me proporcionado forças para vencer mais esta etapa de minha vida.

E a todos que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

OBRI GADO!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE EQUAÇÕES	XIV
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XV
LISTA DE SÍMBOLOS	XVI
RESUMO	XVII
ABSTRACT	XIX
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. CONFORTO TÉRMICO.....	5
3.1.1. Índice de conforto térmico.....	10
3.2. AGENTES QUÍMICOS.....	12
3.2.1. Gases.....	12
3.2.1.1. Gases em Edificações Para Suínos.....	13
3.2.1.2. Gases na Saúde Ocupacional.....	26
3.2.2. Poeira.....	30
3.2.2.1. Poeira em Edificações Para Suínos.....	31
3.2.2.2. Poeira na Saúde Ocupacional.....	34
3.3. RUÍDO.....	39
3.3.1. Ruído na Saúde Ocupacional.....	41
3.3.2. Vocalização Animal.....	45
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
4.1. GRANJAS AVALIADAS.....	50
4.1.1. Granja 1.....	50

4.1.2. Granja 2.....	54
4.1.3. Granja 3.....	59
4.2. INSTRUMENTAÇÃO E MEDIDAS	63
4.2.1. Ambiente Térmico	63
4.2.2. Gases (NH ₃ , H ₂ S, CO, CH ₄ e O ₂)	64
4.2.3. Poeira	65
4.2.3. Ruído.....	70
4.3. INSALUBRIDADE.....	71
4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	71
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
5.1. AVALIAÇÃO DOS AGENTES AMBIENTAIS.....	73
5.1.1. Avaliação do Ambiente Térmico	73
5.1.2. Concentração de Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S), Metano (CH ₄), Monóxido de Carbono (CO), Oxigênio (O ₂) e de Amônia (NH ₃).....	84
5.1.3. Poeira	91
5.1.4. Ruído.....	93
5.2. AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO E DO RUÍDO – GRANJA G3.....	99
6. CONCLUSÕES	104
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
ANEXOS	122

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curvas de compensação A, B,C e D.	41
Figura 2. Perfil de amplitude e da frequência para grunhido curto (a) e longo (b).	47
Figura 3. Frequência de distribuição de grunhidos curtos (■) e longos (□), baseado no perfil da amplitude e da frequência.	47
Figura 4. Resposta comportamental de leitões separados da mãe em diferentes idades.	48
Figura 5. Vista geral do galpão para creche.	51
Figura 6. Detalhes do interior da sala.	51
Figura 7. Vista geral do galpão para terminação.	53
Figura 8. Detalhes do interior da instalação.	53
Figura 9. Vista geral do galpão para creche.	56
Figura 10. Detalhes do interior da sala.	56
Figura 11. Vista do galpão para terminação.	58
Figura 12. Detalhes do interior da instalação.	58
Figura 13. Vista geral do galpão para creche.	61
Figura 14. Vista do interior das salas de creche com gaiolas.	62
Figura 15. Vista do interior das salas de creche de piso semi-ripado.	62
Figura 16. Monitor de estresse térmico e higrotermoanemômetro.	64
Figura 17. Monitor de gases para amônia (NH ₃), sulfeto de hidrogênio (H ₂ S), monóxido de carbono (CO), metano (CH ₄) e oxigênio (O ₂).	64
Figura 18. Bomba de coleta de poeira e calibrador eletrônico.	66
Figura 19. Montagem do porta-filtro de duas peças e ciclone (a) e conjunto montado (b).	67
Figura 20. Medidor de nível de pressão sonora e calibrador acústico.	70

Figura 21. Valores médios do Índice de Bulbo Úmido Temperatura de Globo (IBUTG) nas instalações de creche (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).....	75
Figura 22. Valores médios do Índice de Bulbo Úmido Temperatura de Globo (IBUTG) nas instalações de terminação (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).	76
Figura 23. Valores médios da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) nas instalações de creche (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).....	79
Figura 24. Valores médios da Umidade Relativa do Ar (UR) nas instalações de creche (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).....	79
Figura 25. Valores médios da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) nas instalações de terminação (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).	80
Figura 26. Valores médios da Umidade Relativa do Ar (UR) nas instalações de terminação (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).....	81
Figura 27. Velocidade do vento interno nas instalações para creche.	82
Figura 28. Velocidade do vento interno nas instalações para terminação.....	83
Figura 29. Teor de NH ₃ nas instalações para creche, para as condições de verão e inverno. ...	86
Figura 30. Comportamento de NH ₃ e de TBS no ambiente interno das instalações de creche entre 7:30 e 16:30 horas, para as condições de verão (a) e de inverno (b).	87
Figura 31. Teor de NH ₃ nas instalações para terminação, nas condições de verão e inverno...	88
Figura 32. Comportamento de NH ₃ e de TBS no ambiente interno das instalações de terminação entre 7:30 e 16:30 horas, nas condições de verão (a) e de inverno (b).	89
Figura 33. Concentração de poeira nas instalações de creche e terminação de suínos.	92
Figura 34. Ruído de fundo <i>versus</i> ruído contínuo em sala para creche (a) e no galpão para terminação (b) de suínos.	93
Figura 35. Ruído de impacto e de pico em creche de suínos nas condições de verão.....	94
Figura 36. Ruído de impacto e de pico em creche de suínos nas condições de inverno.	94
Figura 37. Ruído de impacto e de pico em terminação de suínos nas condições de verão.	95
Figura 38. Ruído de impacto e de pico em terminação de suínos nas condições de inverno. ...	95
Figura 39. Ruído contínuo nas instalações para creche de suínos, no verão (v) e inverno (i). .	97

Figura 40. Ruído contínuo nas instalações para terminação de suínos, no verão (v) e inverno (i).	98
Figura 41. Estimativas de IBUTG externo e nas salas para creche com gaiolas suspensas (gai) e de piso semi-ripado (psr), em função das observações horárias.	100
Figura 42. Estimativas das condições climáticas (TBS e UR) no ambiente interno nas salas para creche com gaiolas suspensas (gai) e de piso semi-ripado (psr), em função das observações horárias.	101
Figura 43. Ruído contínuo e de pico em salas de creche com criação em gaiolas suspensas e em piso semi-ripado.	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Temperaturas críticas alta e baixa e de conforto térmico para suínos.	7
Tabela 2. Recomendação máxima de amônia, sulfeto de hidrogênio, monóxido de carbono e dióxido de carbono em instalações para suínos.	15
Tabela 3. Teor de amônia (NH ₃) verificada nos tratamentos.	18
Tabela 4. Ganho de peso pelos suínos verificado com a redução de amônia (NH ₃) no ambiente.	18
Tabela 5. Concentração de amônia (NH ₃) em instalações para suínos em Países da Comunidade Européia.....	19
Tabela 6. Concentração média de NH ₃ , H ₂ S e CO ₂ e condições climáticas em instalações para creche e terminação de suínos.....	24
Tabela 7. Concentração de NH ₃ , H ₂ S e de poeira em instalações para terminação de suínos nas condições de verão e de inverno.	25
Tabela 8. Limites de tolerância para alguns agentes químicos conforme a NR-15 (1978).....	28
Tabela 9. Limites de tolerância para alguns agentes químicos conforme a ACGIH (2001).	29
Tabela 10. Concentração de amônia (NH ₃), sulfeto de hidrogênio (H ₂ S), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO ₂) em instalações para animais.	30
Tabela 11. Poeira em instalações para suínos de países da Comunidade Européia.	32
Tabela 12. Concentração de poeira total e respirável em instalações para animais.	38
Tabela 13. Limites de tolerância para ruídos contínuo ou intermitente conforme a NR-15 (1978).....	43
Tabela 14. Observações nas granjas com relação a conforto térmico, gases, ruído e poeira, em creche e terminação de suínos.....	49
Tabela 15. Características dos sensores NH ₃ , H ₂ S, CO, CH ₄ e O ₂	65
Tabela 16. Resumo das análises de variância referentes aos efeitos da Estação (E), do Galpão (G), da Altura (A) e dos Horários (H) com relação à média horária do Conforto Térmico Ambiental (IBUTG), da Temperatura de Bulbo Seco (TBS), da Umidade Relativa do Ar	

(UR), da Concentração de Amônia e do Nível de Ruído Contínuo (Rcont.) no Interior das Instalações.....	74
Tabela 17. Valores médios horários de IBUTG nas instalações de creche, no verão e inverno.	76
Tabela 18. Valores médios horários de IBUTG nas instalações de terminação, no verão e inverno.	77
Tabela 19. Equações de regressão para o conforto ambiental interno - IBUTG (\hat{Y}) em função das observações horárias (H) em cada estação: verão (v) e inverno (i) e em cada tratamento (T): creche e terminação.	78
Tabela 20. Concentração média de sulfeto de hidrogênio (H ₂ S), metano (CH ₄), monóxido de carbono (CO) e oxigênio (O ₂) nas instalações para creche e terminação de suínos das granjas G1, G2 e G3.	84
Tabela 21. Valores médios de amônia (NH ₃) nas instalações de creche, para as condições de verão e inverno.....	85
Tabela 22. Valores médios de amônia (NH ₃) nas instalações de terminação, para as condições de verão e inverno.....	88
Tabela 23. Equações de regressão para o teor de amônia (\hat{Y}) em função das observações horárias (H) em cada estação: verão (v) e inverno (i) e em cada tratamento (T): creche e terminação.....	90
Tabela 24. Concentração de poeira total (Pt) e de poeira respirável (Pr).....	91
Tabela 25. Valores médios de ruído contínuo (Leq) nas instalações de creche e terminação, para as condições de verão e inverno.....	96
Tabela 26. Resumo da análise de variância referente aos efeitos do tipo de piso e dos horários de medidas sobre o índice IBUTG nas salas de creche.	99
Tabela 27. Valores médios horários de IBUTG em cada tratamento (tipo de piso), nas salas para creche de suínos.	99
Tabela 28. Equações de regressão para IBUTG em função das observações horárias em cada tratamento (T): gaiolas suspensas e piso semi-ripado.	100
Tabela 29. Resumo da análise de variância referente ao efeito do tipo de piso e dos horários de medidas sobre o ruído contínuo e de pico emitidos pelos suínos nas salas de creche.	102
Tabela 30. Valores médios de ruído contínuo e de pico nas salas para creche de suínos.	102

LISTA DE EQUAÇÕES

Eq. 1 Índice de Bulbo Úmido Temperatura de Globo (IBUTG).....	11
Eq. 2 Concentração de poeira.....	36
Eq. 3 Concentração de particulado total.....	37
Eq. 4 Volume de ar amostrado.....	37
Eq. 5 Fator de redução.....	37
Eq. 6 Pressão sonora – raiz média quadrática.....	40
Eq. 7 Nível de pressão sonora.....	40
Eq. 8 Dose Diária de Ruído.....	44
Eq. 9 Nível sonoro médio integrado.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienist
ASHRAE	American Society of Heating and Refrigerating and Air Conditioning Engineers
CIGR	Commission Internationale du Génie Rural
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Temperatura de Globo
Leq	Nível sonoro médio integrado
LT	Limite de tolerância
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NR	Norma Regulamentadora
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
SCV	Sistema cardio-vascular
SNC	Sistema nervoso central
TCB	Temperatura crítica baixa
TCA	Temperatura crítica alta
Tbu	Temperatura de bulbo úmido
Tg	Temperatura de globo negro
Tbs	Temperatura de bulbo seco
TLV	Threshold Limit Value
TLV-TWA	Threshold Limit Values- Time Weighted Average
TLV-STEL	Threshold Limit Values - Short-Term Exposure Limit
VM	Valor máximo

LISTA DE SÍMBOLOS

atm	pressão atmosférica
°C	temperatura em graus Celsius
dB	decibel
Hz	Hertz
h	hora
K	temperatura em Kelvin
m	metro
m ²	metro quadrado
m ³	metro cúbico
mg	miligrama
µm	micrômetro
min	minuto
mm	milímetro
P	pressão sonora
ppm	parte por milhão
t	tonelada
Ω	Ohms
g.L ⁻¹ ou g/L	grama por litro
g/dia	grama por dia
kg/dia	quilograma por dia
kg/m ²	quilograma por metro quadrado
L/min ou L.min ⁻¹	litro por minuto
mmHg	milímetro de mercúrio
mg.m ⁻³	miligrama por metro cúbico
m/s ou m.s ⁻¹	metro por segundo
µg.m ⁻³	micrograma por metro cúbico

SAMPAIO, Carlos Augusto de Paiva, D.Sc., Universidade Estadual de Campinas, Dezembro de 2004. Caracterização dos ambientes térmico, aéreo e acústico em sistemas de produção de suínos, nas fases de creche e terminação. Orientadora: Profa. Dr^a. Irenilza de Alencar Nããs.

RESUMO

Emissão e concentração de aerossóis, gases e vapores provenientes do confinamento de animais causam danos à atmosfera, ao ambiente, ao homem e aos animais e às estruturas das instalações. Os contaminantes aéreos possuem efeito negativo sobre a saúde e produtividade dos animais e dos trabalhadores, que expostos a tais substâncias podem desenvolver problemas como irritação do sistema respiratório, pneumonite de hipersensibilidade, bronquite crônica, inflamações das vias aéreas, infecções respiratórias, asma ocupacional, febre e irritação nos olhos, dentre outros. Informações sobre ruídos, gases e poeira e seus efeitos no bem-estar do animal e do trabalhador em sistemas de produção de suínos para as condições brasileiras são escassas, pois estes estudos em sua grande maioria, são relacionados a países de clima temperado, onde as construções são completamente fechadas e o resultado final do ambiente difere das condições brasileiras, além do fator clima e manejo a ser considerado. Este trabalho possui os seguintes objetivos: avaliar o conforto térmico; a concentração de amônia (NH_3), sulfeto de hidrogênio (H_2S), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), oxigênio (O_2) e poeira; o ruído e estimar os riscos de exposição ocupacional a estes agentes ambientais. O estudo foi realizado em três granjas de ciclo completo de produção: Granja 1 (creche e terminação, ambos de piso compacto) e Granja 2 (creche de piso semi-ripado e terminação de piso compacto com lâmina d'água), durante o verão e inverno de 2003; Granja 3 (creche de salas com piso semi-ripado e gaiolas), durante o verão de 2002. Nestas instalações, era usada somente a ventilação natural para fins térmicos e higiênicos. Verificou-se que as concentrações médias de H_2S e CO ficaram abaixo de 1 ppm e inferiores a 0,1% de CH_4 em volume no ar, não ultrapassando os limites recomendados pela CIGR (1994) aos animais e aos limites recomendados pelas NR-15 (1978) e ACGIH (2001) para o trabalhador. A concentração de O_2 ficou em média 21%. Com relação ao NH_3 , foram observadas diferenças ($P < 0,05$) nas concentrações médias em relação aos horários de

alimentação dos animais, às tipologias das instalações e aos períodos avaliados. As análises dos dados revelam a necessidade de se melhorar a qualidade do ar, dando ênfase principalmente aos horários mais quentes e às condições de inverno, já que basicamente o NH₃ encontra-se em concentração mais alta em relação à recomendada em diversos estudos. A concentração de poeira foi muito variável, sendo que a concentração de poeira total foi mais alta na creche (0,84 - 9,16 mg.m⁻³) do que na terminação (0,84 - 3,34 mg.m⁻³) e a concentração de poeira respirável foi mais alta nas unidades de creche, porém inferior a 3,67 mg.m⁻³, não apresentando riscos à saúde. As concentrações dessas substâncias (gases e poeira) foram inferiores àquelas verificadas em instalações fechadas. O ruído contínuo e de impacto se manteve nos limites recomendados pelas NR-15 (1978) e ACGIH (2001), podendo-se considerar o ambiente salubre. Entretanto, considerando o ruído de pico observado nos horários de alimentação e vacinação principalmente nas instalações para terminação, recomenda-se o uso de equipamento de proteção auricular. Na Granja 3, notou-se que o ruído contínuo e de pico na sala de creche com gaiolas foi superior ao ruído na sala de piso semi-ripado, o que pode estar relacionado a um maior bem-estar dos animais criados no piso semi-ripado. Verificou-se também a tendência do ruído de se acompanhar as condições de conforto térmico das instalações.

SAMPAIO, Carlos Augusto de Paiva, D.S., Agricultural Engineering College_UNICAMP, Campinas, Brazil, December of 2004. Characterization of thermal, aerial and acoustic environment in swine systems confinement - growing and finishing production. Adviser: Doctor Irenilza de Alencar Nääs.

ABSTRACT

Emissions and concentrations from livestock buildings must be identified and analyzed with regard potential detrimental or hazardous effects on the atmosphere, man, animals, buildings and environment. Substantial evidence shows that some gases and particulates have a negative effect on health and productivity of animals. Labor in livestock buildings are exposed to a complex mixture of aerial contaminants and some can develop respiratory problems including irritation and inflammation of the respiratory tract, hypersensitivity pneumonitis, chronic bronchitis, respiratory infections, occupational asthma and toxin fever and irritation of the eyes. Information about noise, dust and gases concentrations and the effects on animal's welfare and the workers in swine systems confinements production are rare in tropical regions. The majorities of the information addresses regions where the livestock buildings are total enclosed and the conditions of climate and manage are different too. This study was carried out during summer and winter of 2002/2003 and the objectives were: to evaluate the noise environment, air quality (NH_3 , H_2S , CH_4 , CO , O_2 and dust concentrations), the environment thermic, and estimate the occupational risk exposition the workers at three commercial swine production facilities: Housing 1 - growing and finishing with full slatted floors, Housing 2 - growing with partially slotted floor (40% of the pen area) and finishing of full slatted floors with thin layer of water in behind to the stalls and Housing 3 - growing with suspend cages and semi-slotted floor rooms of breeding. In the housings was used natural ventilation for thermal and hygiene environment control. The respective concentrations of H_2S , CO , O_2 and CH_4 were less than 1 ppm, less than 1 ppm, 21.0% and less than 0.1% by volume. The concentrations of substances during these measurements are not dangerous of the animals and the workers as according to CIGR (1994), NR-15 (1978) and ACGIH (2001). The average concentration of NH_3 presented significant difference ($P < 0.05$)

with regard to feeding schedule, typology and periods available. The analyses of ammonia showed that some schedule mainly during winter are necessary attention especial because these concentrations were higher than most recommended by several studies. Total dust concentrations were the lowest for finishing units (0.84 - 3.34 mg.m⁻³) and the highest for growing units (0.84 - 9.16 mg.m⁻³). The respirable dust concentrations were highest than for growing units, and less than 3.67 mg.m⁻³. These concentrations were less than the limits recommended of the workers. The airborne concentrations of substances measured in the present study were all lower than most of published studies conducted in mainly enclosed swine buildings. The noise level (continuous and impact) were less than recommended by norms (NR-15 and ACGIH), however the peak noise level observed during feed alimentation and other task schedule mainly finishing swine housing recommended ear protection. In Housing 3 observed that noise continuous and peak in the room with suspend cages were highest than semi-slotted floor. These measurements indicated higher welfare the animals in the semi-slotted floor breeding. There was also tendency to increase the noise as thermal comfort environment conditions decreases.

1. INTRODUÇÃO

Com um plantel estimado de 34,55 milhões de cabeças, o consumo de carne suína no país é de apenas 13,8 kg/habitante/ano, baixo se comparado ao consumo de carne bovina e de frango de corte, 35,8 e 33,8 kg/habitante/ano, respectivamente (ROPPA, 2003). No entanto, as exportações brasileiras de carne suína apresentaram um grande acréscimo nos últimos anos. Estes dados por si revelam o grande potencial de crescimento do setor.

As barreiras impostas para exportação, até há pouco tempo, eram de ordem basicamente sanitária, porém, as exigências de mercado no cenário mundial mostram uma outra configuração na produção animal, baseada no bem-estar dos animais, na proteção ao meio ambiente e na legislação trabalhista. Concernente à carne suína, na Europa, grande mercado produtor e consumidor, os produtos de origem animal oriundos de fazendas que lhes garantem boas condições de criação, têm presença privilegiada nas prateleiras dos supermercados, uma vez que conquistaram a preferência dos consumidores mais conscientizados, tornando-se uma tendência mundial.

A partir da década de setenta, a produção de suínos no Brasil começou a ser realizada em sistema de confinamento, objetivando-se melhorar o controle sanitário, reduzir a perda energética dos animais e aumento de produtividade. Como consequência da relação animal confinado *versus* ambiente, desconhecida para as condições brasileiras, eliminaram-se as opções de busca por parte dos animais de um ambiente mais propício ao seu bem-estar. Desde então, vários estudos foram realizados em universidades e por instituições de pesquisa, no intuito de se conhecer a interação animal-ambiente-instalação e otimizar o sistema produtivo.

Entretanto, os avanços nos sistemas de produção animal, tanto do ponto de vista genético, nutricional e gerencial, fazem com que o meio ambiente seja condição indispensável para que o animal possa expressar o seu máximo potencial produtivo, associado ao seu bem-estar. A partir deste ponto de vista, o produtor deve estar atento ao agente estressor de qualquer natureza, seja climático, físico, químico, biológico ou social.

Nas diversas atividades agrícolas, os riscos de enfermidades por agentes físicos, químicos e biológicos estão sempre presentes. Microorganismos como protozoários, fungos, bactérias e vírus são os agentes biológicos potencialmente responsáveis por enfermidades aos animais e trabalhadores em toda a cadeia de produção, com variados graus de sintomatologia e patogenicidade, e os agentes ambientais, principalmente gases e poeira, combinados com condições climáticas desfavoráveis são vetores em potencial.

O ambiente do sistema de criação confinado possui uma influência direta na quantidade de calor trocado pelo animal. O suíno é um animal homeotérmico, o que significa que ele consegue manter a sua temperatura corporal relativamente constante ao redor de 39°C, em uma ampla faixa de temperatura ambiental. Para isso, precisam manter um balanço térmico adequado entre o calor produzido e o calor que eles perdem ou ganham do ambiente em que vivem. Conclui-se que, se o seu balanço térmico for afetado, isso refletirá diretamente e principalmente no seu desempenho produtivo e reprodutivo.

A qualidade do ar nos sistemas de criação está diretamente relacionada ao metabolismo dos suínos, que liberam diretamente para o ar: calor, umidade, dióxido de carbono proveniente da respiração, gases oriundos da digestão, poeira e odor. Indiretamente são liberados, provenientes dos dejetos: odor, calor, umidade, gases provenientes da digestão aeróbia e anaeróbia dos dejetos e, às vezes, do material de cama; e poeira da ração, do piso e de outros locais da edificação. A ocorrência destes agentes ambientais pode estar relacionada também a fatores como: estado de limpeza, falta de cuidados com os animais, formas de condução das operações e problemas como de infiltração de água nas instalações, o que favorece o estabelecimento de processos como combustão ou fermentação e geração de gases tóxicos como amônia, sulfeto de hidrogênio, monóxido de carbono, gás carbônico, dióxido de nitrogênio e metano.

O ruído ambiental nos sistemas de criação está relacionado ao som emitido principalmente pelos animais e equipamentos. A importância da avaliação do ruído é revelada

pelos danos auditivos e outras patologias que se podem produzir no ser humano e os efeitos destas alterações aparecem em forma de mudanças de comportamento como nervosismo, nível de sono, nível de atenção, nível de ansiedade, nível de irritabilidade, fadiga mental, desempenho no trabalho, dentre outros. Com relação ao animal, a vocalização pela frequência e pressão sonora mostra-se como um indicador do seu bem-estar.

Informações sobre ruído, gases e poeira nos sistemas de produção de suínos e seus efeitos sobre o bem-estar do animal e do trabalhador para as condições brasileiras são escassas, pois estes estudos em sua grande maioria, são relacionados a países de clima temperado, onde as construções são completamente fechadas e o resultado final do ambiente difere das condições brasileiras, além do fator clima e manejo a ser considerado.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo geral avaliar os agentes ambientais caracterizados pelos gases e poeira e níveis de ruído, nas instalações de creche e terminação de suínos de três granjas de ciclo completo de produção industrial, nas condições de verão e inverno.

Objetivos específicos:

- a) Analisar as condições térmicas ambientais das instalações caracterizadas pelo Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG), Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Umidade Relativa do ar (UR) e Velocidade do Vento;
- b) Avaliar a concentração de amônia (NH_3), sulfeto de hidrogênio (H_2S), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), oxigênio (O_2) e a concentração de particulado sólido em suspensão (poeira total e respirável);
- c) Quantificar o ruído ambiental (contínuo e de impacto);
- d) Estimar os riscos da exposição ocupacional no ambiente das instalações quanto aos agentes ambientais avaliados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Conforto Térmico

As respostas de animais domésticos ao micro-ambiente a que estão expostos têm sido estudadas intensivamente, no sentido de se entender o funcionamento dos mecanismos homeostáticos (CURTIS, 1983 e WATHES et al., 1998). Este conhecimento tem servido de base para as decisões modernas de controle ambiental em sistemas intensivos de produção animal, através do entendimento das respostas fisiológicas destes.

Independente do modo que os organismos animais transformam a energia química dos alimentos, tudo se passa como se houvesse a combustão das substâncias ingeridas, resultando na excreção dos produtos da oxidação e na produção de trabalho e calor. O organismo animal funciona como uma verdadeira fonte de calor, necessitando para desenvolver sua atividade vital de um desnível térmico em relação ao meio externo, e por esta razão, é necessário que a temperatura do ambiente das instalações esteja dentro da faixa de conforto do animal (COSTA, 1982).

A primeira condição de conforto térmico dentro de uma instalação é que o balanço térmico seja nulo, ou seja, o calor produzido pelo organismo animal somado ao calor ganho do ambiente seja igual ao calor perdido pelo animal através da radiação, da convecção, da condução, da evaporação e do calor contido nas substâncias corporais eliminadas (ESMAY, 1982).

Segundo CURTIS (1983), as instalações para criação de animais podem ser classificadas em fechadas ou abertas, pois depende da finalidade para que foram projetadas. A

fechada é aquela em que a temperatura interna da instalação independe da temperatura externa, o que demanda mais modificações ambientais; a aberta é aquela projetada para que a temperatura interna varie de acordo com a temperatura externa. O autor informa ainda que um dos maiores problemas para a criação de animais homeotermos no sistema intensivo está na eliminação do calor corporal para o ambiente e, neste aspecto, sugere que nas épocas quentes do ano, as limitações climáticas possam ser amenizadas a partir de um projeto de instalação adequado e de modificações térmicas ambientais, em conjunto com alimentação e manejo apropriados.

De acordo com MANGOLD et al. (1967), condições ambientais inadequadas afetam negativamente a produção e afirma que, em temperaturas do ar abaixo das temperaturas de conforto, o crescimento dos animais torna-se lento, ocorre uma piora na qualidade da carne com acréscimo de gordura e da espessura de toucinho. MCLEAN (1969) afirma que altas temperaturas causam redução no desempenho produtivo e na qualidade de carcaça de suínos e, em estado de estresse térmico, o sistema imunológico dos animais fica debilitado, resultando numa ineficiência à resistência às infecções. Comenta ainda que doenças gastrintestinais são facilmente transmitidas, mas podem ser evitadas com o controle da temperatura e da umidade do ar, as diarreias suínas têm seu aparecimento no rebanho quando submetidos a grandes variações de temperatura e de umidade e, enfermidades respiratórias surgem em condições ambientais desfavoráveis.

É difícil determinar qual a temperatura exata de conforto de um suíno devido às variáveis de idade, raça, dieta, manejo, instalações, etc., e por isso, os estudos sempre se referem a uma zona de conforto, como mostrada na Tabela 1. A zona de conforto térmico, um segmento da zona termoneutra, ocorre quando a produção de calor é transferida ao ambiente sem requerer ajustes dos mecanismos homeotérmicos do próprio animal (ASHRAE, 1985), conseqüentemente, a produtividade tende ao máximo. A zona termoneutra é limitada pela temperatura crítica baixa (TCB), ou seja, pela temperatura ambiental abaixo da qual o animal aciona seus mecanismos termorregulatórios no sentido de produzir calor para balancear a dissipação de calor para o ambiente frio e, pela temperatura crítica alta (TCA), que corresponde a temperatura ambiental acima da qual ocorre a temorregulação no sentido de auxiliar o animal na dissipação de calor corporal para o ambiente, podendo ser citados como

reação do animal, a ocorrência de tremor muscular quando a temperatura está abaixo da TCB, e respiração acelerada e/ou suor quando esta temperatura está acima da TCA (CURTIS, 1983).

Tabela 1. Temperaturas críticas alta e baixa e de conforto térmico para suínos.

Fases do animal	TCB (°C)	Temperatura de conforto térmico (°C)		TCA (°C)
		Mínima	Máxima	
Leitão nascido	15	30	32	35
1 ^a semana	15	27	28	35
2 ^a semana	13	25	26	35
3 ^a semana	12	22	24	35
4 ^a semana	10	21	23	31
5 ^a a 6 ^a semana	8	20	22	30
20 - 30 kg	8	18	20	27
35 - 60 kg	5	16	18	27
60 - 100 kg	4	12	18	27

Adaptada de LEAL & NÄÄS (1992), HAHN et al. (1987) e ESMAY (1982).

As trocas de calor entre o suíno e o meio ambiente ocorrem por condução, convecção, radiação, por evaporação de água na superfície da pele e através da respiração. A termólise e a termogênese que ocorrem durante a termorregulação envolvem as trocas térmicas secas de condução, radiação, convecção e a troca térmica úmida de evaporação, sendo que o animal aciona estes mecanismos regulatórios de acordo com a temperatura ambiente, comparativamente a sua zona de termoneutralidade (NÄÄS, 2000b). SAINBURY (1972) descreve que, basicamente, 15% das perdas de calor pelos suínos se dão por condução, 40% por radiação, 35% por convecção e 10% por evaporação, para situação em que os animais são alojados em grupo. SORENSEN (1964) afirma que em temperaturas ambientes acima de 30°C predominam as perdas por processos evaporativos, o que explica a eficiência, em suínos adultos, do mecanismo de refrescamento da pele com líquido principalmente em épocas quentes. Segundo ESMAY (1982), em temperaturas inferiores a 25°C predominam as perdas de calor, basicamente, por processos não evaporativos.

YAN et al. (2000) avaliaram as perdas de calor sensível e por evaporação, a temperatura retal e a frequência respiratória em suínos quando expostos a temperaturas ambientais de 10, 15, 20, 25, 30 e 35°C, durante 8 h/dia. Constataram um aumento da temperatura retal, da frequência respiratória e de maior perda de calor por evaporação quando a temperatura do ambiente atingiu 30°C ou ultrapassou este limite.

LOPEZ et al. (1991) compararam o efeito das temperaturas entre 22,5 a 35°C (cíclicas) e da umidade relativa entre 35 a 70% com as condições consideradas de termoneutralidade (20°C e UR de 55%), no ganho de peso, na ingestão de alimentos e na conversão alimentar em suínos (peso médio de 90 kg). Verificaram que o ganho de peso e a ingestão de alimentos foram 16,3% (0,77 *versus* 0,92 kg. dia⁻¹) e 10,9% (3,01 *versus* 3,38 kg) menor, respectivamente, nas temperaturas cíclicas em relação à termoneutra, porém não observaram diferenças significativas na conversão alimentar.

NIENABER et al. (1987) compararam as temperaturas entre 8 a 32°C (cíclicas) com a temperatura termoneutra de 20°C, no ganho de peso de suínos na fase de terminação e verificaram que o ganho de peso na temperatura termoneutra foi superior à observada nas temperaturas cíclicas. Os autores avaliaram ainda o efeito das temperaturas de 5, 10, 15, 20, 25 e 30°C em suínos na fase de crescimento e verificaram que: a taxa de crescimento dos animais não foi afetada quando a temperatura ambiente manteve-se entre 5 e 20°C, mas evidenciaram decréscimo para temperaturas acima de 20°C; a ingestão de alimentos diminuiu com o acréscimo da temperatura ambiente de 5 para 30°C; a produção de calor por unidade de peso diminuiu com o aumento da temperatura e aumentou com a ingestão de alimentos e com o peso dos animais; e a conversão alimentar foi melhor entre 20 e 25°C.

BROWN-BRANDL et al. (2001) avaliaram os efeitos do estresse por calor em suínos nas fases de crescimento e terminação sobre a frequência respiratória, a temperatura retal e as atividades de ficar em pé, deitado e se alimentando. Os suínos, após serem alimentados em condições de termoneutralidade (T = 22°C), foram submetidos às temperaturas de 18, 24, 28 e 32°C a uma umidade relativa em torno de 40% e com ventilação ao nível dos animais inferior a 0,15 m.s⁻¹. Verificaram variação significativa na temperatura retal somente na temperatura de 32°C; a frequência respiratória apresentou grandes diferenças a partir de 24°C, o mesmo

acontecendo com o tempo em que o animal ficou comendo e com a atividade de ficar deitado. Concluíram que a frequência respiratória é um indicativo em potencial do estresse térmico.

O suíno tem dificuldade para dissipar calor em ambientes de alta temperatura e umidade, pois o excesso de umidade restringe o efeito refrigerador da evaporação pela respiração e contribui para diminuir o apetite. Estudos revelam que a elevação da umidade relativa de 45 para 90% a uma temperatura de 21°C é responsável pela redução em até 8% das perdas de calor, sendo que o ideal para suínos em condições satisfatórias de temperatura é de umidade relativa entre 60 a 80% (Equipe de Redação, 2003).

MOUNT (1964) e HAZEN & MANGOLD (1960) afirmam que a umidade do ar aparenta ter pouco efeito sobre a eficiência de crescimento e de dissipação de calor pelos suínos, a não ser quando associada a temperaturas acima da crítica alta (TCA).

MORRISON et al. (1969) avaliaram os seguintes tratamentos: Trat. 1: umidades relativas de 45, 70 e 95% e temperatura termoneutra de 22,2°C; Trat. 2: umidades de 30, 60 e 90% e temperatura 5,5°C acima da termoneutra; Trat. 3: umidades de 20, 50 e 80% e temperatura 11,1°C acima da termoneutra, sobre o ganho de peso diário, conversão alimentar, temperatura retal e temperatura da superfície dos suínos (peso médio de 68 kg). Não verificaram diferenças significativas nas variáveis respostas a não ser no Trat. 3, onde houve uma piora na conversão alimentar na umidade de 80%.

A temperatura interna nas instalações possui também alta influência na emissão de gases, por exemplo, de amônia (KOERKAMP, 1994 e ELZING & MONTENY, 1997) e, de acordo com o modelo desenvolvido por AARNINK & ELZING (1998), a emissão deste gás tem um acréscimo de 6 a 7% para cada aumento de 1°C de temperatura. Por outro lado, a temperatura interna das instalações é influenciada pela produção de calor latente e sensível dos animais alojados, que possuem um ritmo circadiano que está relacionado com o fotoperíodo, a atividade e alimentação dos animais (VERSTEGEN et al., 1987). Estas relações explicam a complexidade da situação e mostram como a emissão de amônia por animal pode ser afetada.

Outro importante fator que influencia a qualidade do ar nas instalações é a ventilação. A ventilação pode contribuir de forma positiva se bem planejada, pois ajuda na renovação do ar, no controle e dissipação de gases, odor, aerossóis, calor e no controle da temperatura corporal dos animais pela convecção. Normalmente, suas necessidades são menores no inverno do que no verão, entretanto ventilação insuficiente é responsável por aumentar os

níveis de poluentes aéreos como amônia e dióxido de carbono, sendo um fator crítico. Estudos sobre conforto térmico e a concentração de gases (TAKAI et al., 1998 e KOERKAMP et al., 1998) mostram que há uma relação direta entre o clima externo e a formação de gases dentro da instalação, sendo também uma função direta da ventilação que por sua vez, é função de fatores como temperatura dentro e fora do prédio, geometria do mesmo, número de animais alojados, manejo, etc.

Segundo LINDLEY & WHITAKER (1996), a ventilação é um recurso que controla vários fatores do ambiente através da diluição/renovação do ar interno pelo ar externo, com atuação sobre a temperatura e umidade do ar ambiente, na umidade das superfícies da instalação, no refrescamento dos animais e na dispersão e controle de gases e odores no interior das instalações.

3.1.1. Índice de conforto térmico

O estresse devido ao calor pode ser definido como todas as combinações das condições ambientais que causarão uma temperatura efetiva do ambiente maior que as temperaturas limitadas pela TCA e TCB requerida pelos animais. A temperatura efetiva é um índice de conforto térmico e, de acordo com BUFFINGTON et al. (1981), os quatro fatores ambientais que mais influenciam nesta são: temperatura, umidade relativa e movimentação do ar, radiação solar e de outras fontes.

BAËTA et al. (1987) descrevem que os animais podem apresentar, basicamente, duas respostas ao estresse térmico: respostas fisiológicas e comportamentais, informando ainda que estas podem variar de acordo com a espécie animal.

Segundo CLARK (1981), os objetivos dos índices de conforto térmico e de sobrecarga térmica são o de se apresentar em uma única variável, os fatores que caracterizam o ambiente térmico e o estresse que este ambiente pode estar causando ao homem e aos animais. Informa ainda que para o desenvolvimento de um índice, deve-se levar em consideração os elementos meteorológicos, procurando precisar o peso que deve ser dado a cada elemento, conforme sua importância relativa ao animal.

Um índice que expressa a exposição ao calor de um determinado animal, denominado de Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG), foi desenvolvido por Minard et al. (citados por CLARK, 1981), cuja equação para o seu cálculo varia em função da presença ou não de carga solar. Para ambientes com carga solar, é determinado pela seguinte expressão:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ Tbu} + 0,2 \text{ Tg} + 0,1 \text{ Tbs} \quad \text{Eq. 1}$$

onde: IBUTG = Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo;

Tbu = Temperatura de bulbo úmido, (°C);

Tg = Temperatura de globo negro, (°C); e

Tbs = Temperatura de bulbo seco, (°C).

Segundo NÄÄS (1989a), o fundamento da utilização desse índice está na consideração de que o estresse devido ao calor por irradiação solar é uma parcela significativa da troca térmica seca.

A temperatura de globo negro é obtida a partir de uma esfera oca de cobre de 5×10^{-4} m de espessura e 0,15 m de diâmetro, pintada externamente com duas camadas de tinta preta fosca com o objetivo de maximizar a absorção de energia radiante, instrumento denominado de termômetro de globo negro padrão, sendo que a temperatura é fornecida por um sensor de temperatura inserido no centro da esfera.

A NR-15 (Atividades e Operações Insalubres/Portaria Brasileira 3.214/1978 do MTE, Anexo 3), estabelece que a exposição do trabalhador ao calor deve ser avaliada através de IBUTG, o qual é utilizado para definir limites de tolerância de exposição ao calor em regime de trabalho intermitente, com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço. Uma indicação para este índice é de que não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle para valores de IBUTG acima de 32,2°C para atividade leve; acima de 31,1°C para atividade moderada e acima de 30,0°C para atividade pesada (trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos).

3.2. Agentes Químicos

3.2.1. Gases

A produção intensiva de animais tem como objetivo principal a transformação dos alimentos em carne, leite, ovos, etc. Porém, o processo produtivo gera sub-produtos, como os dejetos, que podem provocar impactos ambientais na qualidade do ar, água e do solo, e conseqüentemente aos próprios animais e ao homem, pois possuem alta capacidade de poluição, seja na forma sólida, líquida ou gasosa. As perdas econômicas em função destes danos não são desprezíveis e recaem primeiramente sobre os produtores devido aos gastos com medicamentos, redução no desenvolvimento e mortalidade dos animais e, mais adiante da cadeia produtiva, sobre a indústria animal, pela condenação de carcaças.

Fica evidenciada a importância de se avaliar o impacto da qualidade do ar na saúde animal e humana, por influenciar nos sistemas respiratório, ocular e cutâneo. Embora haja indicações de limites aos poluentes aéreos para a saúde dos animais, os atuais limites de exposição foram estabelecidos tendo como base o bem-estar do homem (KRISTENSEN & WATHES, 2001). Um exemplo é a amônia, importante poluente das instalações para animais, e que no Reino Unido, o limite de exposição atualmente recomendado de 25 partes por milhão (ppm) é definido pelo Health and Safety Executive (órgão que regulamenta questões sobre saúde e segurança no Reino Unido) com base na segurança do ser humano.

Os agentes químicos encontrados no ambiente classificam-se em aerossóis (poeira, névoas, neblinas, fumos), gases e vapores. Estes agentes em certas concentrações no ambiente podem penetrar no organismo por via respiratória, dérmica, digestiva ou parenteral, causando danos à saúde humana e animal.

Gases são substâncias que em condições normais de temperatura e pressão (25°C e 760 mmHg) estão no estado gasoso, ou seja, são fluidos amorfos que podem mudar de estado físico unicamente por uma combinação de pressão e temperatura.

O efeito do gás sobre os animais e no ser humano vai depender do tipo de substância, de sua concentração e tempo de exposição. Os primários ou irritantes ocorrem nas vias respiratórias superiores e na pele, como a amônia que é primariamente irritante e secundariamente exerce efeitos metabólicos incluindo o envenenamento; os efeitos secundários referem-se a reações causadas pela absorção e tem ação tóxica sobre o organismo

com disseminação através da corrente sanguínea, como o sulfeto de hidrogênio. Os asfixiantes podem ser simples, como o dióxido de carbono, que provoca o deslocamento do oxigênio e possui efeitos secundários e respiratórios, causando inclusive asfixia ou químicos, como o monóxido de carbono, que impedem a entrada do oxigênio nos tecidos. Os anestésicos têm efeito narcótico ou depressivo sobre o sistema nervoso central, fundamentalmente o cérebro, como os hidrocarbonetos alifáticos (propano, etano, etc.), álcoois, cetonas, etc. (SALIBA & CORRÊA, 2000).

De acordo com HARTUNG (1992), o aumento na concentração de poluentes aéreos (poeira e gases), de microorganismos (protozoários, fungos, bactérias e vírus) no trato respiratório dos animais reduz a sua resistência, principalmente se o ambiente estiver com condições climáticas desfavoráveis.

IVERSEN & TAKAI (1980) afirmam que a exposição a agentes ambientais do ar pode desencadear o aparecimento de doenças alérgicas e respiratórias com efeitos tóxicos diretos, podendo até ser letal. Doenças respiratórias em suínos e nos trabalhadores são causadas principalmente pela amônia, sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono, monóxido de carbono e poeira provenientes do alimento e do esterco (urina, fezes, cama, etc.). De acordo com HELICKSON & WALKER (1983), amônia e sulfeto de hidrogênio causam perda de apetite (anorexia) e conseqüentemente redução na produtividade animal.

Vários países, como os da Comunidade Européia, possuem sérios problemas com os poluentes originários da criação intensiva de animais, o que os levaram a emitir regulamentações específicas para tais poluentes. No Brasil, estudos nesta direção são mais recentes, porém em algumas regiões do país com criação intensiva de animais, já são tomadas medidas para que ocorra a diminuição da emissão de poluentes no ambiente principalmente na forma sólida e líquida, entretanto tem aumentado a preocupação para a forma gasosa.

3.2.1.1. Gases em Edificações Para Suínos

Os gases mais presentes nas instalações para suínos são amônia, sulfeto de hidrogênio e dióxido de carbono (SCHMIDT et al. 2002; GUSTAFSSON, 1997; PICKRELL, 1991; BENEDI, 1986 e HELICKSON & WALKER, 1983). De acordo com JENSEN (2002) e CHANG et al.

(2001), a maioria dos conhecimentos referentes a estes gases é proveniente de regiões temperadas, onde as instalações são geralmente fechadas, ou seja, a temperatura interna independe da temperatura externa pelo menos em alguns períodos, e poucas informações existem para instalações de tipologia abertas, ou seja, caracterizadas por fluxo de ar natural com controle através de janelas e/ou cortinas.

SILVA (1999) afirma que um dos mais sérios problemas na suinocultura são as enfermidades respiratórias como pneumonias e pleurisias, devido ao complexo respiratório dos suínos estar susceptível a uma gama de agentes bacterianos e virais, alguns dos quais com importância primária como o *Actinobacillus pleuropneumoniae*, vírus da doença de Aujeszky, *Mycoplasma hyopneumoniae*, etc., e outros com importância secundária como as Pasteurelas, os Estreptococos, os Estafilococos, etc. Descreve ainda que além de outros fatores, concentrações superiores a 10 ppm de amônia, a 5 ppm de ácido sulfídrico e altas taxas de poeira (acima de 2,5 mg/m³ ar) comprometem seriamente o aparelho respiratório dos suínos. Na mesma linha, CARVALHO (2001) comenta que são fatores de risco que favorecem a incidência de enfermidades respiratórias, por exemplo, a amônia no teor acima de 10 ppm, concentração de dióxido de carbono superior a 1000 ppm, alta concentração de poeira, ventilação inadequada e volume de ar inferior a 3,0 m³/animal.

SCHMIDT et al. (2002) afirmam que a emissão/concentração de poluentes aéreos nas instalações para animais são afetadas por uma grande variedade de fatores como a características climáticas da região, a temperatura do ar interno e externo e arquitetura da edificação, tipo de alimentação, número de animais e peso, manejo do dejetos, planejamento da ventilação, etc., propiciando uma grande variabilidade na concentração destes poluentes.

HINZ & LINKE (1998) afirmam que a distribuição dos poluentes aéreos nas edificações para animais é função, basicamente, da arquitetura da construção e da circulação interna do ar, sendo que os gases podem concentrar em diferentes locais no interior da edificação devido a sua tendência à difusão por convecção, formando um gradiente baseado no peso molecular, propiciando que os gases do feno se introduzam no espaço do animal pelas correntes de convecção natural. Na mesma linha, HELLICKSON & WALKER (1983) descrevem que existe a tendência dos gases à difusão por convecção, sendo que amônia, sulfeto de hidrogênio e o dióxido de carbono são produzidos continuamente nas baias, podendo ser encontrados mais ou menos uniformemente distribuídos na instalação.

Segundo a Commission Internationale du Génie Rural (CIGR, 1994), os gases originam-se da respiração dos animais e de outras fontes, como pela decomposição microbiana de urina e fezes, que é afetada pela temperatura, pH e atividade água da massa de excrementos. As recomendações pela CIGR (1994) de concentração máxima de amônia, sulfeto de hidrogênio, monóxido de carbono e dióxido de carbono aos animais são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2. Recomendação máxima de amônia, sulfeto de hidrogênio, monóxido de carbono e dióxido de carbono em instalações para suínos.

Gases	Concentração máxima (ppm)	Observação
Amônia	20	Zona dos animais
Sulfeto de hidrogênio	0,5	Zona dos animais
Monóxido de carbono	10	Ambiente
Dióxido de carbono	3000	-

Fonte: CIGR (1994)

Os processos de emissão/concentração de amônia já são bastante conhecidos, principalmente em instalações típicas de regiões temperadas, porém, existem poucas informações sobre poluentes como metano, gás sulfídrico, poeira, dentre outros (NI et al., 2000; KOERKAMP et al., 1998 e TAKAI et al., 1998).

- Amônia (NH₃)

É um gás incolor, de odor acre (detectado pelo homem entre 5 - 20 ppm), tóxico e mais leve que o ar (densidade de 0,6894 g.ℓ⁻¹ versus 1,1614 g.ℓ⁻¹ a 300K, 1 atm), resultante da decomposição microbiana (aeróbia e anaeróbia) de compostos nitrogenados excretados (fezes + urina) e emitida na sua forma volátil para o ar.

A uréia, principal fonte de amônia e encontrada na urina dos suínos, é rapidamente hidrolisada (degradação aeróbia) pela enzima urease em NH_3 e CO_2 , sendo que a velocidade desta conversão depende da temperatura: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 (\text{L}) \xrightarrow{\text{urease}} \text{NH}_3 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow$ (ótimo de 37°C e $\text{pH} = 9$). A enzima urease é encontrada nos microorganismos presentes nas excretas. A emissão de NH_3 a partir dos dejetos é praticamente eliminada em pH abaixo de seis ($\text{pH} < 6$) e para temperatura abaixo de 10°C (CIGR, 1994).

Em condições anaeróbias, o nitrogênio orgânico é fermentado produzindo gases como NH_3 , ácidos graxos, etc., porém em taxas menores (PAINTER, 1977).

Em solução, a amônia (NH_3) forma o hidróxido de amônio, comportando-se como uma base fraca: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4\text{OH}_{(\text{aquoso})} \leftrightarrow \text{NH}_4^+_{(\text{aquoso})} + \text{OH}^-_{(\text{aquoso})}$. Tanto o NH_3 como o NH_4OH reagem com ácidos formando sais de amônio.

As características químicas dos resíduos de suínos mostram-se muito variáveis e de difícil comparação, pois são função principalmente da dieta, do peso dos animais, do clima, do método de amostragem, da quantidade de água consumida responsável pela diluição do dejetos, etc. Estudos realizados na Embrapa Suínos e Aves (1997) indicam os seguintes valores para os dejetos: nitrogênio total (mínimo = $1,66\text{g/L}$; máximo = $3,71\text{ g/L}$ e $2,37\text{ g/L}$ em média). Com relação à quantidade de dejetos produzida diariamente pelos suínos, esta varia entre 4,9 e 8,5% de seu peso corporal, com a maior parte deste volume proveniente da urina, cujo volume depende da quantidade de água ingerida pelo animal (estima-se uma produção de 0,6 litros de dejetos para cada litro de água consumida pelo suíno) (OLIVEIRA, 1994).

Em estudo sobre o balanço de nitrogênio em criação de suínos, SCHMIDT et al. (2002) utilizando dado estimado pela American Standard for Agricultural Engineering de nitrogênio excretado (proveniente de fezes e urina) igual a $0,52\text{ kgN/dia}/1000\text{ kg suíno}$, o balanço resultou numa perda de nitrogênio pela emissão de amônia (NH_3) igual a 13% deste valor. De acordo com AARNINK et al. (1992), a produção de NH_4^+ é função principalmente da alimentação e estimaram por modelagem matemática uma produção de 1 a 10 g/dia suíno .

De acordo com PIJOAN (1994), o NH_3 é mais leve que o ar e por este motivo concentra-se no forro das edificações, e com a água forma uma solução alcalina irritante ao sistema respiratório dos animais, cujo controle em níveis toleráveis para os suínos (entre 15 e 25 ppm), é muito mais um problema de higiene do que de ventilação. Na mesma linha,

DONHAM et al. (1995) descrevem que a concentração de NH_3 em instalações para suínos é função do número de animais, da ventilação e do tamanho da instalação.

Segundo KRISTENSEN & WATHES (2001) em revisão bibliográfica, o NH_3 é hidrossolúvel, o que facilita sua absorção tanto pelas partículas de poeira e pela cama, como pelas mucosas. É tóxica para as células animais e os sintomas de envenenamento incluem conjuntivite, tosse, espirro e dispnéia, causando na sua exposição irritação das mucosas dos olhos e do sistema respiratório, aumentando a susceptibilidade de doenças respiratórias, afetando o consumo alimentar, e conseqüentemente, a conversão alimentar e a taxa de crescimento.

A amônia (NH_3) possui a capacidade de modificar a percepção respiratória basicamente por três razões: primeiramente por causar interferência no transporte dos odores até os receptores sensoriais; em segundo lugar, por estimular o nervo trigêmio podendo causar o engurgitamento reflexivo do tecido olfatório, aumentando a secreção do muco e diminuindo a taxa respiratória, ocorrendo a degeneração funcional das células sensoriais e também a degeneração patológica das células do tecido respiratório; por último, um acúmulo do muco aumenta a susceptibilidade à infecção, conduzindo desse modo às doenças respiratórias, como a pneumonia e rinite atrófica. Estes efeitos são transientes, e depois de cessada a sua exposição, verifica-se a recuperação da sensibilidade respiratória (WATHES et al., 2001).

Nos suínos, o NH_3 é associada com redução do apetite, convulsão (STOMBAUGH et al., 1969) e problemas na respiração devido à ocorrência de atrofia de cornetos em leitões (ROBERTSON et al., 1990). LOTT (2003) descreve que este gás na concentração de 25 ppm causa paralisação parcial das atividades dos cílios, deixando de eliminar agentes que podem causar enfermidades do sistema respiratório, como partículas de poeira, bactérias, fungos e vírus, e em níveis superiores a 50 ppm pode ocorrer a total paralisação e até a destruição de alguns cílios, comprometendo ainda mais a saúde dos animais, implicando em dificuldades respiratórias e criação de condições para a instalação de doenças respiratórias e, conseqüentemente no crescimento dos animais. O autor informa ainda que estes efeitos são transientes e os danos regredem quando à exposição a este poluente é cessada.

BARKER et al. (2002) descrevem que em suínos expostos a 50 ppm de NH_3 já se verifica redução no seu desempenho, além da possibilidade de ocasionar doenças respiratórias; a 100 ppm ocorre também espirros, salivação e perda de apetite e acima de 300 ppm, ocorre também irritação no sistema respiratório e convulsões.

A importância de NH₃ sobre o ganho de peso dos suínos é mostrada no experimento realizado por JENSEN (2002), o qual verificou que a redução do gás no ambiente dos animais usando uma mistura de água e ácido sulfúrico no dejetos (pH diminuiu para 5,5), contribuiu para acréscimos de até 12% no ganho de peso dos animais (959 g/dia para 1074 g/dia), como mostram as Tabelas 3 e 4. O experimento foi realizado com animais de peso médio de 25 ± 5 kg e de 95 kg.

Tabela 3. Teor de amônia (NH₃) verificada nos tratamentos.

Agente	Controle (s/redução)	Tratamento (c/redução)
NH ₃ no ar (ppm)	8 -12	1 - 2
N no esterco		
N - orgânico	7%	4%
N - uréia	24%	22%
N - amonium	69%	74%

Fonte: JENSEN (2002)

Tabela 4. Ganho de peso pelos suínos verificado com a redução de amônia (NH₃) no ambiente.

Semanas	Controle (s/redução)	Tratamento (c/redução)
1	34,5 kg	42,2 kg
2	45,8 kg	55,7 kg
3	58,4 kg	65,9 kg
4	71,9 kg	84,1 kg
Média	959 g/dia	1074 g/dia
Erro padrão	75 g/dia	169 g/dia

Fonte: JENSEN (2002)

DRUMMOND et al. (1980) encontraram redução no ganho de peso diário de 12, 30 e 29% (0,434, 0,345 e 0,346 kg/dia) e inflamação na traquéia em suínos jovens (8,4 ± 0,26 kg)

expostos durante quatro semanas às concentrações de 50, 100 e 150 ppm de NH₃, respectivamente, quando comparados com os suínos mantidos sob controle (0,491 kg/dia). Concluíram que NH₃ a partir de 50 ppm já é afetado negativamente o desempenho dos suínos.

No inverno, quando a ventilação é reduzida para manter o calor, a concentração de NH₃ sobe, enquanto que na primavera e no verão, a alta umidade do ar facilita a absorção deste gás por partículas de poeira, e com a elevação da temperatura, a frequência respiratória dos animais aumenta, facilitando a inalação de partículas de poeira agora com NH₃, causando danos no trato respiratório (KRISTENSEN & WATHES, 2001). Na mesma linha, BUSSE (1993) observou que as medidas de NH₃ coletadas ao longo do dia (24 horas) foram maiores do que as coletadas nas mesmas condições por curto período de tempo (coletas instantâneas), constatando-se também teores mais elevados durante a noite, pois durante o dia, ocorre uma maior remoção do gás pela ventilação.

SÄLLVIK (1999) em revisão bibliográfica, descreve que há uma grande variação dos níveis de NH₃ em edificações para suínos situadas em países da Comunidade Européia, como mostra a Tabela 5, comentando ainda que concentrações mais elevadas foram verificadas no período de inverno, fato atribuído pela redução da ventilação.

Tabela 5. Concentração de amônia (NH₃) em instalações para suínos em Países da Comunidade Européia.

Instalações	NH ₃ , ppm Valor médio (intervalo)
Maternidade	8 (0 - 40)
Pré-creche	5 (1 - 30)
Crescimento-Terminação	10 (1 - 40)

Fonte: SÄLLVIK (1999)

Outro ponto a considerar é a sinergia entre amônia (NH₃), poeira e microorganismos, com a potencialização dos efeitos nocivos sobre o animal. O NH₃ e partículas de poeira facilitam ainda mais a entrada e a multiplicação de microorganismos infecciosos no trato

respiratório (GUSTAFSSON, 1997; CIGR, 1994 e PICKRELL, 1991), e a partir desta analogia, DONHAM (1999) recomenda como segurança, um máximo de 7 ppm de NH₃ nas instalações para suínos.

- Sulfeto de hidrogênio (H₂S)

O sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico ou ainda ácido sulfídrico é um gás incolor de odor forte, tóxico, mais denso que o ar (densidade de 1,3661 g.ℓ⁻¹ versus 1,1614 g.ℓ⁻¹ a 300 K, 1 atm), considerado um dos gases mais perigosos à saúde dos animais. O sulfeto de hidrogênio (H₂S) é gerado a partir da decomposição anaeróbia dos dejetos, quando este é estocado por algum tempo, sendo que sua presença nas edificações para animais normalmente é em concentração inferior a de outros gases poluentes, como amônia (NH₃), dióxido de carbono (CO₂) (CIGR, 1994). Seu odor característico já é detectado a partir 0,01 ppm (entre 0,01 a 0,70 ppm) (CIGR, 1994 e VERSTEGEN et al., 1994).

NI et al. (2002) informam que outra particularidade do H₂S é seu odor característico e desagradável mesmo em baixa concentração, o que tem levado alguns estados americanos a determinar as concentrações limites nas propriedades de animais situadas ao redor das cidades. Citam a agência de controle de poluição de Minnesota (MPCA)/U.S., que tem implementado um programa de monitoramento constante deste gás de forma que a concentração no entorno das instalações não exceda a 42 µg.m⁻³ por ½ hora mais do que duas vezes por semana ou 70 µg.m⁻³ por ½ hora mais do que duas vezes ao ano.

LE DIVIDICH (1982) e ROBERTSON & GALBRAITH (1971) descrevem que o H₂S já é percebido na concentração de 0,01 ppm e entre 50 a 200 ppm ocasiona perda do apetite, fotofobia, vômitos e diarreia aos animais. BARKER et al. (2002) descrevem que a exposição a 200 ppm de H₂S pode ocorrer edema pulmonar, dificuldade respiratória e até a morte do animal.

A presença de H₂S no ambiente contribui para acelerar a corrosão dos metais por ser reativo (DIAS, 1997; OTTAWAY, 1982), característica indesejável por ser a estrutura metálica bastante usual nas edificações destinadas ao confinamento de animais.

- Metano (CH₄)

É um gás incolor, não tem cheiro, cor ou sabor, mais leve que o ar (densidade de 0,6430 g.ℓ⁻¹ versus 1,1614 g.ℓ⁻¹ a 300 K, 1 atm), possui baixa toxicidade, sendo produzido principalmente em processos de fermentação do dejetos (digestão anaeróbia por microrganismos anaeróbios estritos). A produção de CH₄ é pequena nas instalações de alojamento de suínos (BARKER et al., 2002), representando menos de 0,5% da energia digestível e, quando comparada à produção dos bovinos é insignificante.

A mistura entre CH₄ e oxigênio (O₂), em certas condições de temperatura e concentração (entre 5000 e 15000 ppm ou de 5 a 15% por volume), formam uma combinação explosiva. O CH₄ oferece mais risco de explosão do que danos à saúde, porém, em níveis extremos pode ser asfixiante (acima de 500000 ppm) (BARKER et al., 2002; CIGR, 1994 e HELICKSON & WALKER, 1983).

De acordo com SALIBA & CORRÊA (2000), o CH₄ é considerado um asfixiante simples, não possui limite de tolerância e sua ação é medida pela concentração de oxigênio (O₂) disponível no ar, ou seja, o aumento de sua concentração diminui a disponibilidade de oxigênio (O₂). Em alta concentração pode penetrar na corrente sanguínea atingindo o sistema nervoso, agindo como um narcótico.

Este gás tem sido motivo de preocupação e discussão nos últimos tempos, principalmente devido a sua emissão para a atmosfera proveniente de várias fontes, principalmente de animais ruminantes e de lagoas de tratamento de dejetos de suínos, já que apresenta um poder estufa cerca de 20 vezes superior ao CO₂ e com conseqüências danosas sobre o clima do planeta, vindo daí a necessidade de alternativas que diminuam a emissão de CH₄ para a atmosfera, e entre estas está a condução final adequada dos dejetos de suínos.

CHILDERS et al. (2001) mediram a emissão de CH₄ provenientes do entorno das instalações de suínos (maternidade e terminação) e de lagoa de tratamento de dejetos, situadas na região leste de Carolina do Norte (US.). Verificaram que ao redor das instalações, a concentração foi de apenas 2,70 ± 0,06 ppm, enquanto que ao redor da lagoa de tratamento de dejetos, as concentrações variaram de 2,27 ± 0,06 ppm a 11,02 ± 9,69 ppm, conforme o local de medida. Concluíram que as lagoas de tratamento de dejetos são as maiores fontes de CH₄.

- Monóxido de carbono (CO)

É um gás inodoro, incolor e menos denso que o ar (densidade de $1,1233 \text{ g}\cdot\ell^{-1}$ versus $1,1614 \text{ g}\cdot\ell^{-1}$ a 300 K, 1 atm). O monóxido de carbono (CO) é um poluente local e que se forma toda vez que o carbono é queimado com insuficiência de oxigênio (O_2).

É considerado um asfixiante químico que tem uma afinidade química com a hemoglobina superior ao oxigênio (O_2), impedindo o transporte deste (SALIBA & CORRÊA, 2000 e CARY et al., 1996), podendo causar lesões ao sistema nervoso, cefaléias e a paralisção de membros.

Segundo a CIGR (1994), são reportados casos em que o CO causou morte em suínos adultos na concentração em torno de 4000 ppm e em frangos de corte na concentração de 2000 ppm. BARKER et al. (2002) descrevem que suínos expostos entre 200-250 ppm de CO ficam menos ativos e acima de 1500 ppm são ocasionados abortos, natimortos e redução no desenvolvimento de suínos jovens.

Vários métodos têm sido utilizados para estimar a emissão/concentração de poluentes aéreos, e na grande maioria, são baseados na concentração do poluente versus taxa de ventilação. Alguns estudos foram realizados tomando-se como amostras o ar de saída de exaustores, enquanto outros mediram as taxas de concentração a montante do fluxo de ar utilizando anemômetros associados a leitores químicos reagentes de gases, ou ainda a associação de reagentes com a curva de ventilação na instalação (AARNINK et al., 1992 e WATHES et al., 1998). Esta grande variedade de processos de medidas serviu como base para um inventário de emissão/concentração de gases, em que os países da Europa se baseiam nos dias atuais para identificar o valor destas emissões da produção animal (WATHES et al., 2001). Outros métodos de avaliação existem, como através de sensores eletroquímicos colocados em instrumentos apropriados para medida da concentração de um gás específico ou de vários, simultaneamente.

De acordo com CURTIS (1983), o H_2S na concentração normalmente encontrada nas instalações de tipologia fechadas, inferior a 10 ppm, não causa maiores danos aos suínos, porém acima de 1000 ppm pode ser letal ao homem e ao animal. O autor comenta que o NH_3 age como irritante das mucosas dos olhos e das vias respiratórias, entretanto, na corrente

sangüínea tem efeito tóxico sobre o metabolismo fisiológico, provocando depressão no desenvolvimento de suínos jovens quando exceder a 75 ppm.

LARRY et al. (1994) afirmam que a amônia (NH_3) é excessiva na concentração acima de 10 ppm e tem origem no dejetto, sugerindo lavar o piso como alternativa para diminuir o seu teor; o sulfeto de hidrogênio (H_2S) é excessivo acima de 5 ppm e tem origem no dejetto, principalmente quando agitado, pois favorece a formação deste gás, e sugerem a limpeza e ventilação ao nível dos animais como meios para diminuir sua concentração; o dióxido de carbono (CO_2) é excessivo acima de 3000 ppm e tem origem na respiração dos animais, sendo que a sua presença é um indicativo da qualidade do ar e da eficiência da ventilação e sugerem a ventilação como alternativa para diminuir sua concentração e que o monóxido de carbono (CO) é excessivo acima de 50 ppm e tem origem na queima incompleta dos combustíveis usados no aquecimento das instalações, e sugerem a manutenção e controle constante nos processos de queima dos gases combustíveis.

De acordo com NI et al. (2000), os gases constituem os agentes de poluição do ar mais importantes nas instalações de animais. Informam que na fase de terminação de suínos, principalmente nas regiões temperadas, é comum o dejetto ficar armazenado no fosso da instalação por um tempo antes de ser removido, e nesta situação, a saída dos gases se dá, basicamente, por meio de chaminés existentes nas laterais da instalação. Os autores conduziram um experimento onde mediram no centro geométrico da instalação a 1,5 m de altura do piso e no seu entorno, a concentração de NH_3 , H_2S e CO_2 provenientes do fosso após as instalações serem esvaziadas (peso médio dos suínos no abate de 120 kg). Verificaram que no entorno, as concentrações foram insignificantes e no interior das instalações, foram de $7,4 \pm 2,4$ ppm de NH_3 , 313 ± 139 ppb de H_2S e de 805 ± 236 ppm de CO_2 . Concluíram que as concentrações foram inferiores aos limites recomendados pelos órgãos de regulamentação para estes agentes químicos.

CHANG et al. (2001) conduziram um experimento em Taiwan, onde mediram as concentrações de NH_3 , H_2S e CO_2 utilizando tubos colorimétricos, em instalações de creche (animais de 20 a 50 kg) e terminação de suínos (animais de 50 a 110 kg) e no entorno. As instalações tinham características típicas de região tropical (abertas nas laterais com possibilidade de fechamentos através de janelas e/ou cortinas). As medidas foram realizadas às 4, 8 e 24 horas após início das atividades (entre 7:30 - 8:00 AM), com amostragens realizadas

no corredor central, no ponto geométrico da instalação a 1,5 m do piso. As concentrações médias dos gases avaliados e as condições climáticas observadas durante o experimento são mostradas na Tabela 6.

Tabela 6. Concentração média de NH₃, H₂S e CO₂ e condições climáticas em instalações para creche e terminação de suínos.

Agente químico	Horários de leitura (h)	Concentração média, ppm		
		Creche (0,85±0,24 suíno/m ²)	Terminação (0,78±0,25 suíno/m ²)	Entorno
NH ₃	4	2,54±2,70	3,93±3,11	não disponível (ND)
	8	1,85±2,01	3,38±2,74	ND
	24	3,05±2,72	4,15±3,19	ND
H ₂ S	4	0,03±0,11	0,18±0,33	ND
	8	0,06±0,11	0,18±0,26	ND
	24	0,03±0,08	0,13±0,12	ND
CO ₂	4	765±79	895±116	595±99
	8	619±54	720±57	518±41
	24	699±49	704±73	552±27
Vento (m/s)		0,74±0,34	0,74±0,39	0,7±0,4
Temperatura (°C)		30,6±2,5	30,5±2,2	30,5±2,2
UR (%)		61,9±8,4	62,5±8,3	62,0±8,5

Fonte: CHANG et al. (2001)

Verificaram que as concentrações de H₂S foram inferiores a 1 ppm, as concentrações de NH₃ e de CO₂ foram mais altas na terminação do que na creche, constatando-se grande dispersão nas medidas, e no entorno só foi encontrado CO₂. Identificaram que a terminação é excessivamente contaminada com bactérias gram-negativas, que as creches são contaminadas com níveis relativamente elevados de endotoxinas e de poeira no ar. Concluíram que nas instalações de tipologia abertas, a presença de poluentes é minimizada pelas características

construtivas, resultando em menores concentrações quando comparadas às instalações de tipologia fechadas. Os autores comentam ainda que esborrifar água constantemente nos suínos é uma prática útil para reduzir a sua temperatura corporal e este artifício reduz também os contaminantes do ar, mas contribui para a multiplicação de microorganismos.

SCHMIDT et al. (2002) conduziram um experimento em Minnesota/U.S., onde avaliaram as concentrações de NH₃, H₂S e de poeira no ar em unidades de confinamento de suínos na fase de terminação, nos períodos de verão e inverno. A instalação tinha orientação leste-oeste, cortina lateral, ventilação mecânica de inverno para retirada dos gases do fosso e ventilação natural de verão. Nas condições de inverno a instalação possuía 1000 animais (peso médio = 100 kg) e 1033 animais (peso médio = 70 kg) nas condições de verão. As amostragens de gases foram realizadas succionando uma quantidade determinada de ar contaminado por 10 min durante 10 dias seguidos. As amostras de poeira foram coletadas a cada dia, no centro geométrico da sala e a 1,5 m de altura do piso. Os resultados das medidas dos agentes avaliados são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7. Concentração de NH₃, H₂S e de poeira em instalações para terminação de suínos nas condições de verão e de inverno.

Período	T _{ar} (°C)	NH ₃ (ppb)			H ₂ S (ppb)			Poeira (mg.m ⁻³)		
		Mín. ^(*)	Média	Max. ^(*)	Min.	Média	Max.	Total	In. ^(*)	Resp. ^(*)
Inverno	- 8,4	160	9120	19090	0	6	71	6,86	4,56	0,44
Verão	23,8	565	6310	>20000	-	-	301	0,42	0,64	0,04

Fonte: SCHMIDT et al. (2002)

^(*) Mín. = mínimo; Máx. = máximo.
In. = inalável; Resp. = respirável.

De acordo com os autores, verificaram-se grandes variações nas medidas de inverno e verão, sendo que as concentrações de poeira principalmente foram superiores no período de inverno, fato atribuído às condições climáticas da região do experimento e às condições de manejo. Durante o verão, a ventilação natural empregada principalmente com objetivos térmicos, favoreceu a dispersão e a menor concentração dos agentes avaliados.

3.2.1.2. Gases na Saúde Ocupacional

No confinamento de animais, o trabalhador fica exposto aos mesmos agentes ambientais dos animais. Embora dependa de algumas características como o grau de tecnologia empregado no confinamento, número de funcionários e atividades previstas, normalmente os trabalhadores permanecem presentes de quatro a oito horas dia (4 a 8 h/dia) no mesmo espaço de produção. Neste aspecto, saúde, segurança e ergonomia são elementos requeridos que devem ser considerados no dia-a-dia da produção animal, pois vão permitir que as atividades sejam realizadas de forma mais produtiva e confortável para os trabalhadores (OGILVIE, 1997).

DOSMAN et al. (1997) realizaram um estudo onde foi avaliado o sistema respiratório de três grupos de trabalhadores, ou seja: de granjas de suínos, de grãos alimentícios e grupo de controle. Identificaram que os dois primeiros grupos apresentaram maiores riscos de desenvolver doenças respiratórias crônicas do que o grupo de controle.

GUSTAFSSON (1997) descreve que a alta concentração de NH_3 causa irritação no sistema respiratório e nos olhos; que o H_2S , principalmente nas instalações que usa fosso para armazenamento dos dejetos por um certo período, trazem maiores preocupações, pois acima de 200 ppm, pode ser letal ao ser humano, porém removidos os dejetos, esta concentração normalmente fica abaixo de 0,5 ppm. Informa ainda o alto número de situações indesejáveis que ficam expostos os trabalhadores, principalmente nas criações de bovinos e de suínos.

Estudos mostram a ocorrência da diminuição da função pulmonar em funcionários de granjas de suínos expostos a alta concentração de NH_3 (CHANG et al., 2001). ROBERTSON (1992) medindo o teor de NH_3 em granjas de suínos verificou que 21% (6/29) dos trabalhadores relataram dor de cabeça, sendo que a concentração do gás encontrava-se abaixo de 25 ppm.

BARKER et al. (2002) descrevem que na exposição entre 6 a 20 ppm de NH_3 e acima, verifica-se irritação nos olhos e problemas respiratórios; a 400 ppm por 1 hora ocasiona irritação nos olhos, nariz e garganta; a 5000 ppm ocorre espasmos respiratórios e rápida sufocação e a 10000 ppm pode ocasionar a morte do indivíduo.

NI et al. (2002) citam estudos realizados com cachorros expostos ao H_2S onde se constatou a morte destes animais após 15-20 min a 1400 mg.m^{-3} (1000 ppm). Conforme a NR-

15 (anexo 11, 1978), o limite de tolerância ao H₂S para a saúde humana é de 8 ppm. Segundo NORDSTRÖM & MCQUITTY (1976) e BARKER et al. (2002), as respostas fisiológicas do ser humano na exposição ao H₂S são: na exposição à concentração entre 0,01 a 0,7 ppm já se detecta o odor característico, a 10 ppm causa irritação nos olhos, entre 50 - 100 ppm por 1 hora causa irritação nos olhos e no trato respiratório, entre 500 - 600 ppm causa náusea, insônia, inconsciência e até morte após 30 min, entre 700 - 2000 ppm ocorre paralisia respiratória e pode ocasionar a morte. A liberação e a exposição ao H₂S ocorre mais freqüentemente e em maior intensidade no manejo do esterco líquido em comparação ao manejo com o esterco sólido.

Com relação ao CH₄, em alta concentração este gás atua como asfixiante simples, deslocando o oxigênio do ar sem provocar outros efeitos fisiológicos significativos.

Com relação ao CO, OTTAWAY (1982) descreve que à sua exposição por um certo período de tempo na concentração acima de 10 ppm produzirá sinais de envenenamento, pois há interferência com o transporte de oxigênio (O₂) pelo sangue, podendo até ser letal. As ligações dos dois gases são reversíveis, de modo que o equilíbrio deslocado para Hb-CO poderá ser invertido se a concentração de oxigênio (O₂) nos pulmões for aumentada suficientemente. BARKER et al. (2002) descrevem que na exposição a 50 ppm por 8 horas, ocorre fadiga e dor de cabeça; a 500 ppm por 3 horas, a dor de cabeça torna-se crônica, ocorrendo ainda náusea e perda de raciocínio; a 1000 ppm por 1 hora ocasiona convulsões e estado de coma se a exposição prolongar, e a 4000 ppm ou acima, pode ocasionar a morte do indivíduo.

O ar que se respira contém uma composição básica (ar seco) em base volumétrica de aproximadamente de 79,09% nitrogênio, 20,95% de oxigênio, 0,93% de argônio e 0,03% dióxido de carbono, constituindo 99,99% da composição normal do ar atmosférico. A concentração de oxigênio (O₂) no ar para uma respiração segura deve estar compreendida entre 19,5 e 22%.

A NR-15 (1978) define limite de tolerância (LT) como sendo “a concentração ou intensidade máxima ou mínima relacionada com a natureza ou tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador durante a sua vida laboral.”

Na Tabela 8 são mostrados os limites de tolerância dos gases mais comuns encontrados no confinamento de animais, conforme a NR-15 (1978).

Tabela 8. Limites de tolerância¹ para alguns agentes químicos conforme a NR-15 (1978).

Agente Químico	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização	Valor máximo (ppm)
	(ppm)	(mg.m ⁻³)		
NH ₃	20	14	Médio	30
H ₂ S	8	12	máximo	16
CO	39	43	máximo	58,5
CO ₂	3.900	7.020	mínimo	4.290
CH ₄	Asfixiante simples ²		-	-

Nos Estados Unidos (EUA), a Occupational Safety and Health Administration (OSHA) é o órgão governamental responsável pelo cumprimento dos limites de tolerância. A OSHA foi criada nos EUA em 1970 por meio da Lei de Segurança e Saúde Ocupacional, que promulgou em 1971 a primeira listagem de limites de exposição permissíveis, baseada na lista de valores dos limites de exposição propostos pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists - ACGIH³, de 1968 (PAUSTENBACH, 1997).

Na Tabela 9 são mostrados os limites de tolerância dos gases mais comuns encontrados no confinamento de animais estabelecidos pela ACGIH (2001), os quais servirão como parâmetro técnico para avaliar a existência ou não do risco.

Os limites de exposição (TLV) preconizados pela ACGIH “referem-se às concentrações das substâncias químicas dispersas no ar e representam condições às quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, sem sofrer danos adversos à saúde.” Os TLVs são baseados em informações provenientes de

¹ A caracterização de insalubridade ocorrerá quando forem ultrapassados os limites de tolerância constantes na Tabela 7, que são válidos para absorção apenas por via respiratória e para jornada de trabalho de até 48 horas por semana, inclusive. Para estes agentes, os limites de tolerância podem ser excedidos desde que a concentração média ponderada na jornada de trabalho seja inferior ao limite de tolerância fixado, e desde que não seja ultrapassado o valor máximo nas referidas amostragens referente à substância sob pena de ser considerada situação de risco grave e iminente.

² Os valores fixados como Asfixiantes Simples não possuem LT, pois o fator limitante é o oxigênio disponível. Nos ambientes de trabalho, em presença destas substâncias, a concentração mínima de oxigênio deverá ser de 18 % em volume. As situações nas quais a concentração de oxigênio estiver abaixo deste valor serão consideradas de risco grave e iminente.

³ Organização privada dos EUA, fundada em 1938 com reconhecimento internacional sobre suas atividades voltadas principalmente para as informações e recomendações práticas para a saúde ocupacional dos trabalhadores.

experiências em indústrias, em humanos ou estudos em animais, e sempre que possível, uma combinação destas três. Entretanto, os limites de exposição foram desenvolvidos como guias de orientação para a prevenção dos riscos à saúde, e estes limites não são fixos, podendo ser alterados, pois refletem o atual conhecimento científico que se tem sobre as substâncias.

Tabela 9. Limites de tolerância para alguns agentes químicos conforme a ACGIH (2001).

Agente Químico	TLV- TWA ⁴ (ppm)	TLV - STEL ⁵ (ppm)	Efeitos críticos
NH ₃	25	35	Irritação
H ₂ S	10	15	Irritação, Sistema nervoso central - SNC
CO	25	-	Anóxia, reprodutivo, SNC, Sistema cardio-vascular - SCV
CO ₂	5.000	30.000	Asfixia
CH ₄	-	Asfixiante simples	Asfixia

PICKRELL (1991) tabulou (Tabela 10) as concentrações de gases encontradas em unidades de confinamento de suínos e de aves localizadas nos EUA e, comparou os valores obtidos no levantamento com as exigências da norma da época. Constatou-se que apenas o NH₃ foi superior, em algumas unidades, aos limites estabelecidos pela ACGIH.

Com relação à amostragem de gases para uma jornada de 8 horas de duração, o National Institute Organization for Safety and Healthy (NIOSH, 1994) estabelece as seguintes formas: amostragem completa da jornada com várias amostras consecutivas (preferencial); ou

⁴ TLV-TWA (Threshold Limit Values- Time Weighted Average) = Concentração média ponderada pelo tempo para uma jornada normal de 8 h/dia e 40 h/semana, para a qual a maioria dos trabalhadores pode estar repetidamente exposta, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos à saúde. Porém, os valores de concentração das exposições do trabalhador acima do TLV-TWA podem exceder 3 vezes esse valor por um período total máximo de 30 min durante toda a jornada de trabalho diária, porém não podem exceder a 5 vezes o TLV-TWA.

⁴ TLV-STEL (Threshold Limit Values - Short-Term Exposure Limit) = Um STEL é definido como uma exposição ponderada pelo tempo durante 15 min (limite de curta duração) que não pode ser excedida em momento algum da jornada de trabalho, mesmo que a concentração média ponderada esteja dentro dos limites de exposição (TLV-TWA). Exposições acima do TLV-TWA, mas abaixo do STEL, não podem ter duração superior a 15 min, nem se repetir mais que 4 vezes ao dia. O STEL é um limite suplementar ao TLV-TWA, nos casos onde são reconhecidos efeitos tóxicos agudos, mas cuja toxicidade é de natureza crônica.

amostragem completa da jornada com uma amostra única; ou amostragem parcial da jornada (a duração da amostragem deve cobrir pelo menos 70% da jornada de trabalho), e por último, amostras consecutivas de período parcial com amostras pontuais.

Tabela 10. Concentração de amônia (NH₃), sulfeto de hidrogênio (H₂S), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂) em instalações para animais.

Agente Químico	Concentração, ppm	
	Suínos	Aves
NH ₃ (TWA = 25 ppm)	6 - 35	2 - 75
	10 - 48	3 - 48 (próximo ao
	3 - 10	pisos)
	33 - 42	
	15 - 35	
H ₂ S (TWA = 10 ppm)	1,0 - 1,7	< 1
	0,5 - 3,0	
CO (TWA = 50 ppm)	4 - 17	< 4
	400 - 9.200	500 - 1.000
CO ₂ (TWA = 5.000 ppm)	1.600 - 1.800	
	2.650 ± 1.000	

Fonte: PICKRELL (1991)

3.2.2. Poeira

Poeira é toda partícula sólida de qualquer tamanho, natureza ou origem, formada por trituração ou outro tipo de ruptura mecânica de um material original sólido, suspensa ou capaz de se manter suspensa no ar. Essas partículas geralmente têm formas irregulares e são maiores que 0,5 µm (BON & SANTOS, 2003).

O tamanho das partículas é de fundamental importância na avaliação de poeira, pois dela depende os efeitos na saúde, o tempo em que ficam em suspensão e a sua movimentação

na atmosfera. Segundo a ACGIH (2001), as partículas podem ser classificadas de acordo com o seu diâmetro aerodinâmico em inaláveis ($0 < \phi < 100 \mu\text{m}$, capazes de penetrar pelo nariz e pela boca e podem ficar depositadas nas vias aéreas superiores); torácicas ($0 < \phi < 25 \mu\text{m}$, capazes de penetrar além da laringe podendo depositar em qualquer lugar no interior das vias aéreas dos pulmões e da região de trocas de gases); respiráveis ($0 < \phi < 10 \mu\text{m}$, capazes de penetrar na região de troca de gases, sendo de maior risco pois pode alcançar os alvéolos pulmonares); e total (todo o tipo de particulado em suspensão existente no ambiente de trabalho independente do tamanho das partículas: são as poeiras respiráveis e não respiráveis).

HELLICKSON & WALKER (1983) descrevem que partículas de poeira podem absorver gases e líquidos, como arrastar vírus e bactérias, sendo um dos principais veículos de transmissão de doenças. HARTUNG (1992) investigando a composição da sedimentação de poeira em criações de aves, gado bovino e suíno, observou que 85% do total consiste de matéria orgânica sendo que 80% do ar, nestas criações eram compostos por estafilococos e estreptococos. Fungos, bolores e leveduras compõem, aproximadamente, 1%.

Os mecanismos de inter-relação da qualidade de ar com problemas respiratórios em suínos, ou ainda com o seu desempenho geral é um tema complexo (WATHES, 1998), porém necessário a ser elucidado e compreendido melhor, conforme descreve DE BOER & MORRISON (1988). Para situações de alojamento com predominância de ventilação natural, ou ainda, alojamentos totalmente abertos e com acondicionamento ambiental esporádico, o controle desses mecanismos é ainda mais complexo de ser compreendido.

3.2.2.1. Poeira em Edificações Para Suínos

As partículas de poeira são oriundas da ração, do esterco seco e do corpo do animal (pele, pêlos, etc.), e indiretamente, do entorno das edificações e de partículas depositadas nas suas estruturas (piso, forro, telhado, etc.). A alta atividade dos suínos, tipo de ração, ventilação não planejada, práticas de higiene e de limpeza inadequadas são fatores que contribuem para aumentar a concentração deste particulado no ar.

DONHAM (1999) cita estudo realizado na Suécia, onde se verificou que a presença de poeira, gases e endotoxinas nas instalações foram diretamente relacionadas com uma piora

na conversão alimentar e no ganho de peso pelos animais, havendo também uma relação com a incidência de pneumonia e pleurisia nestes. CARPENTER et al. (1986) demonstraram que a remoção de poeira ou parte dela com a utilização de filtros e/ou através da recirculação de ar trouxe como consequência o aumento no ganho de peso de leitões desmamados. CHANG et al. (2001) descrevem que a exposição a níveis superiores a 2,5 mg/m³ está associada a sintomas de doenças respiratórias em suínos.

HEBER et al. (1988) descrevem que a época do ano e o tipo de piso contribuem para a variação e concentração de poeira nas instalações, e WACHENFELT (1999) cita ainda a atividade animal, a densidade populacional e as condições de umidade do ambiente como fatores que contribuem no aumento deste particulado nas instalações.

WANG et al. (1999) afirmam que a ventilação tem efeito direto na distribuição de poeira no interior das edificações e, embora seja um recurso eficaz no controle e remoção/diluição de contaminantes gasosos e de aerossóis, ao mesmo tempo pode aumentar a agitação destas partículas e mantê-las suspensas no ar, principalmente quando se faz uso da ventilação mecânica. Afirmam ainda que ao contrário dos gases, a poeira não tem distribuição uniforme dentro da edificação, entretanto, o conhecimento desta distribuição é importante para compreender a natureza de seu transporte, e finalmente executar a ventilação e estratégias de controle mais eficientes.

SÄLLVIK (1999), em revisão bibliográfica, descreve que há uma grande variação da concentração de poeira nas edificações para suínos situadas em países da Comunidade Européia, como mostra a Tabela 11.

Tabela 11. Poeira em instalações para suínos de países da Comunidade Européia.

Instalações	Poeira, mg/m ³
	Valor médio (intervalo)
Maternidade	1,80 (0,4 - 5,2) total
	0,18 (0,02 - 0,4) respirável
Pré-creche	5,50 (0,6 - 9,5) total
	0,27 (0,01 - 1,16) respirável
Crescimento-terminação	2,30 (0,6 - 12,3) total
	0,03 (0,01 - 0,73) respirável

Fonte: SÄLLVIK (1999)

A influência da umidade relativa do ar na concentração de poeira inalável e respirável foi estudada por ELLEN et al. (1999), que conduziram um experimento no Provincial Agricultural Research Institute of Antwerp - Bélgica, em instalações para frangos de corte, com dois tratamentos: no Trat. 1, a umidade relativa foi mantida a 75% e no Trat. 2, a umidade não foi controlada. As medidas foram realizadas pelo método gravimétrico e as amostragens coletadas durante as atividades dos funcionários (8h/dia). Não verificaram diferenças na concentração média de poeira respirável nos tratamentos, entretanto, a concentração de poeira inalável sofreu redução de 13% e 22,5% no Trat. 1 e Trat. 2, respectivamente.

De acordo com GUSTAFSSON (1997), a concentração de poeira total nas instalações para suínos e aves normalmente fica entre 4 a 7 mg.m⁻³, com larga variação durante o dia. Na mesma linha, DONHAM et al. (1986) informam que em instalações para suínos, a concentração de poeira total no ar pode variar entre 5 a 20 mg.m⁻³. ATTWOOD et al. (1987) identificaram uma maior concentração de poeira na creche do que na terminação de suínos e consideraram que a redução de ventilação para a retenção de calor, a intensa atividade dos suínos jovens e a alta densidade populacional foram as principais causas.

GUINGAND (1999) conduziu um experimento na França para verificar a influência da idade, estação (verão e inverno), material e tipo de piso e de ração na concentração de poeira total em instalações para a fase de creche e terminação de suínos. As medidas foram realizadas pelo método gravimétrico no corredor central a 1,0 m do piso e as amostragens realizadas pela manhã durante a primeira distribuição de ração. Verificou-se que a concentração média foi maior na creche (6,3 mg.m⁻³) do que na terminação (3,7 mg.m⁻³), justificando estes resultados pela idade, densidade populacional e alta atividade dos animais; no inverno a concentração média foi maior (8,5 mg.m⁻³; 4,5 mg.m⁻³) do que no verão (3,7 mg.m⁻³; 3,1 mg.m⁻³) nas unidades de creche e terminação, respectivamente; as concentrações foram menores com alimentação líquida e com piso perfurado de plástico (1,6 mg.m⁻³) do que em piso de concreto (6,2 mg.m⁻³) nas unidades de creche. Concluiu que as concentrações de poeira sofrem grande variação durante o dia e são influenciadas principalmente pela ventilação, sendo que o tipo de piso e da alimentação pode limitar a concentração deste particulado no ambiente.

CHANG et al. (2001)⁶ verificaram a concentração de poeira total e respirável pelo método gravimétrico, com amostragens realizadas no corredor central no ponto geométrico da instalação a 1,5 m do piso, e encontraram que a concentração média de poeira total foi maior na creche ($0,28 \pm 0,28 \text{ mg.m}^{-3}$, 18 amostras) do que na terminação ($0,21 \pm 0,07 \text{ mg.m}^{-3}$, 18 amostras); a concentração média de poeira respirável foi maior na terminação ($0,24 \pm 0,46 \text{ mg.m}^{-3}$, 9 amostras) do que na creche ($0,15 \pm 0,18 \text{ mg.m}^{-3}$, 12 amostras); a concentração de poeira total ao redor das instalações foi de $0,12 \pm 0,05 \text{ mg.m}^{-3}$, 24 amostras; e foram observadas grandes variações nas medidas. Os autores comentam que os níveis encontrados são significativamente menores que os encontrados na literatura, com dados provenientes de instalações em clima temperado.

JENSEN (2002) e ZHANG (1999) descrevem que os métodos mais usados para a redução de poeira no interior das instalações, em casos extremos, são pela pulverização no ambiente de uma mistura de óleo de canola e água, pela utilização de filtros de ar e pelo processo de ionização das partículas.

3.2.2.2. Poeira na Saúde Ocupacional

A presença de poeira nas edificações para confinamento animal contribui para uma maior incidência de enfermidades respiratórias nos trabalhadores, pois estes particulados agredem os tecidos das vias aéreas (nariz, garganta e laringe), os pulmões e os olhos, provocando inflamação, asma, febre, etc., além de serem vetores de agentes biológicos patogênicos como protozoários, fungos, bactérias e vírus. Deve-se considerar também a sinergia entre a amônia (NH_3), poeira e microorganismos e a potencialização dos efeitos sobre a saúde animal, já comentada.

Os sintomas respiratórios nos trabalhadores rurais são, em geral, associados às atividades com silos e no confinamento animal, e principalmente correlacionado à poeira existente nestes ambientes de trabalho. Inúmeros problemas respiratórios surgem como asma (asthma-like syndrome) e outros sintomas abrangem os problemas do “pulmão do fazendeiro” (farmer’s lung), ou o “distúrbio do operador do silo” (silo filler’s disease). Quadros pulmonares

⁶ Nas mesmas condições especificadas na pág. 22.

de hipersensibilidade que têm sido vinculados à inalação de esporos de fungos (MUTHEL & DONHAM, 1983). DONHAM (1999) em estudo realizado em trabalhadores de confinamento de suínos de regiões temperadas, cita que 60% destes apresentavam tosse seca, problemas na respiração, irritação no nariz, nos olhos, na garganta, etc., sendo que alguns apresentavam enfermidades mais graves como febre, asma, etc.

O processo de contaminação por poluentes aéreos pode ser exemplificado da seguinte forma: o ar que se inala penetra através das cavidades nasais, faringe, traquéia, brônquio e bronquíolos em suas diversas ramificações até atingir o órgão alvo que é o pulmão, ou mais especificamente os alvéolos, e nestes se processa a absorção para a corrente sanguínea do oxigênio juntamente com a eliminação do gás carbônico (TIETBOEHL FILHO, 2003). Segundo o autor, graças a uma série de mecanismos de defesa como a ação do tapete mucociliar da mucosa brônquica e a atividade fagocitária dos macrófagos alveolares, as partículas inaladas podem ser capturadas e eliminadas, entretanto, em certas condições ambientais o ar está contaminado por material particulado sólido ou líquido e por gases e vapores em níveis de concentração tão elevados que o esforço desses mecanismos de defesa de garantirem uma qualidade adequada ao ar inalado é suplantado. Assim, as partículas de diâmetro aerodinâmico equivalente ou menor do que 10 μm e os gases provenientes do ambiente penetram profundamente e se depositam nas vias aéreas e pulmão provocando reações teciduais através de mecanismos irritativos, alérgicos, tóxicos ou mesmo carcinogênicos. Ressalta-se que o aparelho respiratório mantém a maior área do corpo humano em contato com o meio externo, com uma superfície alveolar de aproximadamente 70 m^2 (CASTRO & LEMLE, 1996).

DONHAM & CUMRO (1999) analisaram em granjas de aves e suínos (Iowa, U.S.), os limites de exposição à poeira e gases estabelecidos pela legislação da época (ACGIH, 1997 e NIOSH, 1994) na saúde dos trabalhadores. Devido à sinergia de amônia (NH_3) e poeira, verificaram que a dose-resposta resultou num limite de 2,4 mg/m^3 de poeira total, 0,23 mg/m^3 de poeira respirável e 7 ppm de NH_3 , inferior à recomendada pela legislação e, direcionados aos trabalhadores de granjas de suínos, estes limites são de 3,7 mg/m^3 de poeira total, 0,23 mg/m^3 de poeira respirável e 11 ppm de NH_3 . Fazem referências à importância de se rever os limites dos agentes ambientais no trabalho em instalações de produção animal.

Várias são as metodologias utilizadas na avaliação de particulados, podendo ser citados os procedimentos do National Institute Organization for Safety and Health (NIOSH), da American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO). A análise gravimétrica para a determinação da concentração da maioria dos particulados é o método mais utilizado e se baseia na retenção das partículas em um filtro apropriado, que é pesado antes e depois da coleta, sendo que as amostragens devem ser realizadas em dias diferentes para avaliar o risco à exposição.

Dentre os vários tipos particulados, existem a poeira de sílica, fibras de asbestos, poeira de algodão, poeira de caulim, poeira de madeira, poeira de grãos, etc. e partículas não classificadas de outra maneira (PNCOM). As PNCOM não são biologicamente inertes, são potencialmente tóxicos e não podem ser considerados como não prejudiciais em qualquer concentração, entretanto a classificação da poeira como PNCOM é condicionada ao teor de sílica livre cristalizada (inferior a 1%) e à ausência de asbestos. É estabelecido pela ACGIH (2001) o limite máximo de 10 mg.m^{-3} e de 3 mg.m^{-3} para fração inalável e respirável, respectivamente, e o NIOSH (1994) estabelece os limites de 15 mg.m^{-3} e de 5 mg.m^{-3} para fração inalável e respirável, respectivamente. Este raciocínio foi elaborado para seres humanos, no entanto a questão da hipersensibilidade pode ser válida para animais.

A concentração de poeira pode ser determinada pela expressão:

$$C = \frac{M}{V_A} \quad \text{Eq. 2}$$

onde: C = Concentração de poeira (mg.m^{-3});

M = Massa de contaminante (mg); e

V_A = Volume de ar contaminado amostrado (m^3).

Considerando que a influência das condições atmosférica (clima local) pode alterar a massa do filtro, uma correção denominada de branco de campo deve ser realizada na Eq. 2, pela seguinte expressão:

$$C = \frac{(M_f - M_i) - (B_2 - B_1) \cdot 10^3}{V_A} \quad \text{Eq. 3}$$

onde: M_f, M_i = Massa final e inicial do filtro (mg);

B_2, B_1 = branco de campo (mg); e

V_A = Volume de ar contaminado amostrado (L).

O volume de ar amostrado pode ser determinado pela expressão:

$$V_A = \frac{Q_m \cdot t_a}{1000} \quad \text{Eq. 4}$$

onde: V_A = Volume de ar contaminado amostrado (m^3);

Q_m = Vazão média de coleta ($L \cdot \text{min}^{-1}$); e

t_a = Tempo de coleta (min).

A Legislação brasileira (Portaria nº 3.214 de 1978 do MTE) permite usar os limites fixados pela ACGIH somente quando não citar o agente químico em análise, porém deve ser levada em consideração a diferença da jornada de trabalho⁷ e adaptando-se com isso, os novos valores dos limites de tolerância.

Segundo ARCURI & CARDOSO (1991), o critério aplicado pelo governo para corrigir os novos limites de tolerância foi o modelo toxicocinético desenvolvido por Brief & Scala, dado pela expressão:

$$FR = \frac{40}{h} \times \frac{168 - h}{128} \quad \text{Eq. 5}$$

onde: FR = Fator de redução⁸; e

h = Jornada de trabalho (h).

⁷ À época a jornada de trabalho no Brasil era de 48 horas semanais enquanto a recomendação da ACGIH era para 40 horas semanais.

⁸ Para a jornada de trabalho de 8 horas diárias e 44 horas semanais (jornada de trabalho atualmente no País), FR = 0,88.

A NR-9 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais/Portaria Brasileira 3214/1978 do MTE) considera-se o valor (nível de ação) acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas para os agentes químicos mencionados de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição, como sendo igual à metade dos limites de exposição estabelecidos pela NR-15 ou pela ACGIH.

PICKRELL (1991) tabulou (Tabela 12) as concentrações de poeira encontradas em unidades de confinamento de suínos e de aves localizadas nos EUA e, comparou os valores obtidos no levantamento com as exigências da norma da época. Constatou-se que as concentrações de poeira foram inferiores aos limites estabelecidos pela ACGIH, comentando ainda que a atividade microbiana devido à poeira foi maior nas instalações para aves.

Tabela 12. Concentração de poeira total e respirável em instalações para animais.

Poeira	Concentração, ppm	
	Suíno	Aves
Total (TWA = 15 mg.m ⁻³)	2 - 5 ⁽³¹⁾	1 - 11 ⁽²⁴⁾
	1 - 7 ⁽²⁶⁾	9 - 17 ⁽³⁰⁾
	1 - 15 ⁽²⁰⁾	2 - 9 ⁽³²⁾
	-	1 - 4 ⁽³¹⁾
Respirável (TWA = 5 mg.m ⁻³)	[0,6 ⁽²⁰⁾	0,04 - 0,6 ⁽²⁴⁾
	0,3 - 3,2 ⁽²⁶⁾ 0,6 - 2,2 ⁽²⁶⁾	
Números de partículas suspensas (partículas/m ³ x 10 ⁶)	10 ⁽²⁶⁾	20 - 311 ⁽²³⁾
	11 ⁽²⁸⁾	
Atividade microbiana (unid. colônia/mg poeira x 10 ³)	3,3 ⁽²⁶⁾	100 - 200 ⁽³¹⁾
	10 - 100 ⁽³¹⁾	

Fonte: PICKRELL (1991)

^(*) n^o de fontes consultadas.

3.3. Ruído

Medidas de ruído em criação intensiva de animais são raras no Brasil. Apesar de sugestões de se relacionar a vocalização de animais domésticos com sua condição de bem-estar, pouco também se encontra na literatura internacional (MARTRENCAR et al., 2000 e MARCHANT et al., 2001).

O som pode ser definido como qualquer vibração ou conjunto de vibrações ou ainda ondas mecânicas que podem ser ouvidas. As vibrações que conseguem estimular o aparelho auditivo são denominadas vibrações sonoras e são caracterizadas por flutuações de pressão em um meio compressível em função do tempo.

Os sons que são desagradáveis e indesejáveis podem ser definidos como ruído. Os efeitos nocivos gerados pela exposição ao ruído, independentemente de suas características específicas, variam principalmente em relação ao nível de exposição (frequência, nível de pressão sonora e duração) e susceptibilidade individual.

Para a vibração sonora ser audível deverá estar compreendida entre 20 a 20000 Hz. A variação de pressão deve ter um valor mínimo para atingir o limiar de audibilidade, e essa variação é a diferença instantânea entre a pressão atmosférica na presença e na ausência do som no mesmo ponto, valor que se encontra em torno de $0,00002 \text{ N.m}^{-2}$ ($2 \times 10^{-5} \text{ N.m}^{-2}$), caso a frequência esteja na faixa mais sensível de audição humana (entre 1000 a 4000 Hz, aproximadamente) (GERGES, 1992). Por convenção, aceitam-se as pressões de $2 \times 10^{-5} \text{ N.m}^{-2}$ como a pressão mínima audível que corresponde a 0 dB e de 200 N.m^{-2} , que equivale a 140 dB (corresponde ao limiar de dor), cujo valor não deve ser ultrapassado. Devido a esta larga faixa de audibilidade (2×10^{-5} a 200 N.m^{-2}), as grandezas acústicas são expressas na escala logarítmica.

As variações da pressão sonora são normalmente expressas com um valor médio das medidas reais, que mudam rapidamente através do tempo. Para o ruído contínuo ou intermitente⁹, tem-se a seguinte expressão:

⁹ Ruído contínuo ou intermitente é o ruído que não seja ruído de impacto. Entende-se por ruído de impacto aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo.

$$P_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 + \dots + P_n^2}{n}} \quad \text{Eq. 6}$$

onde: P_1, P_2, P_3, P_n = valores instantâneos de pressão; e
rms = raiz média quadrática.

A pressão sonora é dada pela seguinte expressão:

$$\text{NPS} = 10 \cdot \text{Log} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad \text{Eq. 7}$$

onde: NPS = nível de pressão sonora (dB);

P = pressão sonora existente ($\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$); e

P_0 = pressão de referência mínima audível ($2 \times 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$).

A Eq. 7 representa um modelo matemático da relação estímulo (ΔP) e sensação, mas que não constitui a melhor aproximação do ouvido humano, pois não leva em consideração a frequência do som. Para produzir uma mesma audibilidade, são necessários diferentes níveis de pressão sonora quando estão em diferentes frequências, pois o ouvido humano sente o ruído de forma diferente nas diversas frequências.

Para corrigir a sensibilidade do ouvido humano a diferentes frequências, foram criados os decibéis compensados, integrados ao circuito de medição dos instrumentos medidores de pressão sonora. Várias escalas e critérios foram desenvolvidos para quantificar e garantir o conforto acústico e o estado do sistema auditivo, e estas escalas indicam o NPS necessário em função da frequência, para dar a mesma audibilidade aparente que um tom de 1000 Hz e são classificadas em A, B, C, D, como mostra a Figura 1. As normas internacionais e o Ministério do Trabalho adotaram a curva de compensação “A” para medições de níveis de ruído contínuo e intermitente devido a sua maior aproximação à resposta do ouvido humano (resposta subjetiva e similar ao ouvido humano).

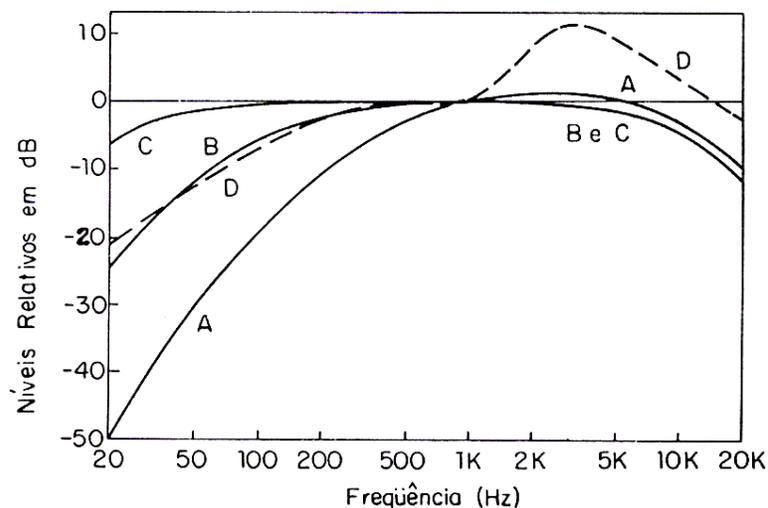


Figura 1. Curvas de compensação A, B,C e D.

Quando se efetuam medições de NPS, deve-se considerar a influência do ruído de fundo, ou seja, o ruído ambiental gerado por outras fontes que não o objeto em estudo e que pode mascarar o sinal de interesse. Isto significa que o nível do sinal deve estar no mínimo 3 dB acima do nível de fundo. Se a diferença entre o ruído total e o ruído de fundo for inferior a 3 dB, o nível de ruído de fundo é alto para uma medição confiável; entre 3 a 10 dB uma correção será necessária e nenhuma correção será necessária se a diferença for maior que 10 dB (GERGES, 1992).

3.3.1. Ruído na Saúde Ocupacional

Estudos mostram que o ruído pode produzir aceleração da pulsação, aumento da pressão sangüínea e estreitamento dos vasos sangüíneos, e um longo período de exposição a ruído alto pode gerar sobrecarga do coração, causar secreções anormais de hormônios, tensões musculares, etc. Os efeitos nocivos do ruído à saúde humana não se restringem à audição, e podem aparecer em forma de mudanças de comportamento como nervosismo, nível de sono, nível de atenção, nível de ansiedade, nível de irritabilidade, fadiga mental, desempenho no trabalho, etc.

A capacidade lesiva do ruído se concentra nas células ciliadas da cóclea, o que traz por consequência uma perda auditiva de tipo neuro-sensorial. Taylor et al. (citados por MORATA & LEMASTERS, 2001) descreveram a evolução da perda auditiva induzida por ruído em trabalhadoras na fiação de juta, sendo que a perda nas frequências 3 e 4 kHz progrediu mais rapidamente nos primeiros 10 anos de exposição e, depois disso, tornou-se mais lenta, até se estabilizar num patamar. As perdas nas frequências mais baixas progrediram mais lentamente, porém de forma continuada durante toda a exposição.

A perda auditiva induzida pelo ruído é considerada hoje a doença profissional de maior incidência, sendo que há uma diminuição gradual da acuidade auditiva decorrente da exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora, com progressão lenta ao longo dos anos, de maneira geralmente despercebida, sendo que as pessoas acometidas pela doença não costumam se queixar de surdez (COSTA, 1998).

ASTETE & KITAMURA (1980) afirmam que dentre os agentes principais para o aparecimento de doenças auditivas destacam-se a intensidade sonora, o tipo de ruído (contínuo, intermitente ou de impacto), a duração (tempo de exposição a cada tipo de agente) e a qualidade (frequência dos sons que compõem os ruídos em determinada análise), mencionando ainda que a exposição do trabalhador a um nível de ruído não permitido por alguns dias ou até semanas não provocará surdez profissional de caráter permanente, pois faz necessário que decorra um longo tempo de exposição, diariamente e repetidas vezes.

PINHEIRO et al. (1998) descrevem que a perda auditiva induzida por ruído é causada por exposição crônica ao ruído, com a possibilidade de uma maior correlação de perda auditiva em pacientes com doenças sistêmicas. Citam que, estatisticamente, estima-se que 15% da população exposta a ruído constante de 90 dB, 8 horas por dia, durante 5 dias por semana e 50 semanas por ano apresentarão lesão auditiva após 10 anos. A exposição a ruído intenso pode determinar alterações mecânicas e/ou alterações metabólicas nas estruturas internas do ouvido, e quando o efeito mecânico já provocou as lesões, estas são geralmente irreversíveis (OLIVEIRA, 2001).

De acordo com GUSTAFSSON (1997), problemas auditivos podem ser causados por exposição ao nível de pressão sonora acima de 85 dB(A) e ruído superior a 100 dB(A) tem sido verificado na alimentação manual de suínos, e sugere que durante esta tarefa, o trabalhador use protetor de ouvido.

O potencial de danos à audição de um ruído depende do seu nível e de sua duração. Os limites de tolerância de níveis de pressão sonora máximos permitidos e a duração de tempo para cada nível segundo a NR-15 (1978, Anexos 1, 2) são mostrados na Tabela 13.

Tabela 13. Limites de tolerância para ruídos contínuo ou intermitente conforme a NR-15 (1978).

Nível de ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 h
86	7 h
87	6 h
88	5 h
89	4 h e 30 min
90	4 h
91	3 h e 30 min
92	3 h
93	2 h e 40 min
94	2 h e 15 min
95	2 h
96	1 h e 45 min
98	1 h e 15 min
100	1 h
102	45 min
104	35 min
105	30 min
106	25 min
108	20 min
110	15 min
112	10 min
114	8 min
115 ¹⁰	7 min

¹⁰ Não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegido pela Legislação Brasileira.

Se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados pela expressão:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad \text{Eq. 8}$$

onde: D = Dose diária de ruído. Se $D > 1^{11}$, será considerada exposição acima do limite de tolerância;

C_n = tempo real de exposição a um específico NPS; e

T_n = máxima exposição diária permissível a este nível.

É possível estabelecer um único valor em função da dose de ruído (D), denominado de ruído equivalente (L_{eq}), calculado pela expressão:

$$L_{eq} = L_c + q \cdot \text{Log} [D(Q) \times (T_c/100 \times T)] \quad \text{Eq. 9}$$

onde: L_{eq} = nível sonoro médio integrado durante uma faixa de tempo especificada.

Corresponde o nível ponderado sobre o período de medição, ou seja, NPS contínuo, em regime permanente, que representaria a mesma energia acústica total que o ruído real no mesmo período de tempo de medição;

L_c = nível base do critério ($D = 100\% \Rightarrow 85 \text{ dB}$);

T_c = período do nível base do critério de avaliação (8 h);

T = duração da medição (h);

$D(Q)$ = dose em percentagem; e

q = coeficiente em relação ao fator duplicativo da dose (16,6096 pelo critério NR-15).

¹¹ A NR-15 (1978, Anexo 1) estabelece que a exposição ao ruído de 85 dB (A) por 8 horas corresponde a uma dose de ruído igual a 1 (100%). O valor do nível de ação é $D=0,5$ ($D \geq 50\%$) em relação ao critério estabelecido na NR-15 e corresponde a 80 dB (A) (NR - 9, 1978).

YAREMCHUK et al. (1997) descrevem que, por representar a energia acústica média em um ambiente, o L_{eq} pode não indicar riscos para a audição humana, enquanto que o ruído de impacto¹² pode ser mais útil para prever o efeito maléfico sobre a audição humana.

A NR-15 (1978) especifica as seguintes definições e procedimentos para medidas de ruído: o ruído contínuo ou intermitente deve ser medido em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (slow)¹³, com as leituras sendo realizadas próximas ao ouvido do trabalhador; o ruído de impacto deve ser avaliado em decibéis, com o medidor de nível de pressão sonora operando no circuito linear e circuito de resposta para impacto.

A NBR-10.151/2000 especifica os seguintes procedimentos para medidas de ruído: o tempo de medição deve ser escolhido de forma a permitir a caracterização do ruído em questão, sendo que a medição pode envolver uma única amostra ou uma seqüência delas e, as medições em ambientes internos devem ser efetuadas a uma distância de no mínimo 1 m de quaisquer superfícies, como paredes, teto, piso e móveis.

3.3.2. Vocalização Animal

A análise do som produzido pelo animal pode ser um parâmetro de resposta do animal a uma situação indesejável que está acontecendo, seja de estresse (físico, químico ou biológico), de sofrimento, de fome, de doença, de medo, etc. Assunto que requer ainda maiores esclarecimentos do comportamento e da vocalização das diversas espécies como resposta a uma determinada situação.

Há alguns estudos realizados sobre a vocalização de suínos, porém os resultados são pouco conclusivos ou sem definição clara. Suínos produzem uma gama grande de ruídos e vocalização, entretanto não há concordância entre autores sobre o fato da vocalização expressar que tipo de sentimento, ou qual seja seu conteúdo específico, sua duração, etc. Grauvogl e Von Klingholz & Meynhardt (citados por MARCHANT et al., 2001).

¹² Equivale a uma constante de tempo de 35 ms no medidor de nível sonoro. Isto significa que o medidor integra o ruído em um período de 35 ms, simulando a altura subjetiva do ruído impulsivo. O limite de tolerância para ruído de impacto será de 130 dB (linear) e as leituras devem ser realizadas próximas ao ouvido do trabalhador.

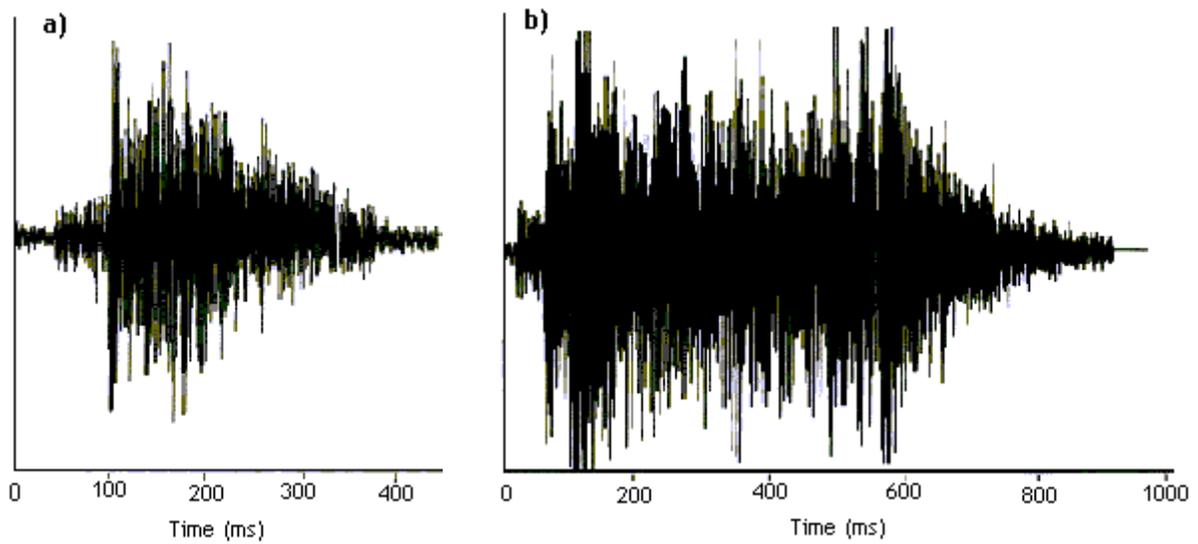
¹³ Equivale a uma constante de tempo de 1 s (circuito lento) no medidor de nível sonoro.

De acordo com MANTEUFFEL & SCHON (2002), as vocalizações do animal são resultados de seu estado emocional, e conseqüentemente os “gritos” podem indicar distúrbio no seu bem-estar. Comentam ainda que estas medidas são complexas e de difícil diferenciação pois deve avaliar criteriosamente as frequências emitidas pelos animais em estado de estresse e de não estresse.

BERCKMANS (2002) comenta sobre a possibilidade de se usar a tosse dos suínos como um indicador do seu bem-estar, podendo relacioná-la principalmente com a concentração de amônia e poeira no ambiente. Informa ainda que estas análises para o melhoramento do ambiente animal podem ser realizadas através de modelos matemáticos de identificação e de controle dos processos, identificados por processos de entrada como pela temperatura do ambiente, ventilação, concentração de amônia, de dióxido de carbono e de poeira, variáveis fisiológicas como presença de infecção, estresse e, por processos de saída como curso de doenças no tempo por sinais internos como presença de anticorpos, inflamação, parâmetros bioquímicos, etc. e curso de doenças por sinais externos como tosse, taxa de calor, temperatura corporal.

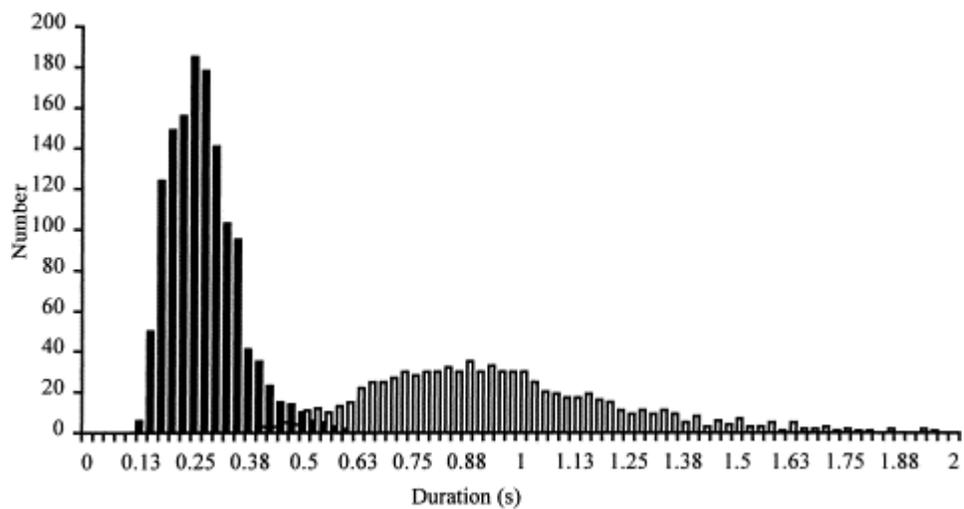
Para identificar os diversos níveis de ruído emitidos por suínos em terminação, MARCHANT et al. (2001) descreveram os sons emitidos pelos animais pela frequência e amplitude sob várias condições de conforto e estresse. Grunhidos curtos são a forma mais comum de vocalização dos suínos, e em seu estudo especificou os grunhidos em curtos e longos e os “gritos” também em curtos e longos, classificação esta relacionada ao enfrentamento de determinada situação, até a presença de humanos. No experimento, os autores constataram que grunhidos isolados longos estão associados ao comportamento de deslocamento (locomotor), enquanto os animais estão sem movimento, como são mostrados nas Figuras 2 e 3. Este comportamento indicou que o grunhido longo é um tipo de vocalização utilizada pelo suíno para se comunicar com outros, quando este se encontra isolado do grupo.

Já os gritos podem estar relacionados com desconforto ou medo ou qualquer outro distúrbio emocional. Os autores comentam que os gritos em série em alta frequência são avisos que há incidência de sofrimento, como pôde ser comprovado durante castração de leitões.



Fonte: MARCHANT et al. (2001)

Figura 2. Perfil de amplitude e da frequência para grunhido curto (a) e longo (b).

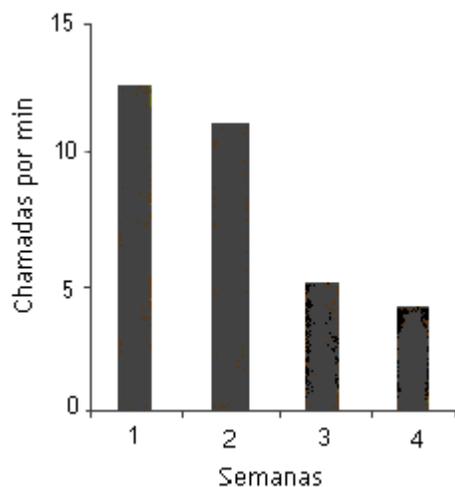


Fonte: MARCHANT et al. (2001)

Figura 3. Frequência de distribuição de grunhidos curtos (■) e longos (□), baseado no perfil da amplitude e da frequência.

A importância da vocalização animal como indicador de alguma insatisfação do animal foi evidenciado por WEARY et al. (1999), que estudaram o efeito da separação de

leitões da mãe em diferentes idades (1, 2, 3 e 4 semanas), como mostra a Figura 4. Verificaram que os leitões separados da mãe em idade inferior a 3 semanas vocalizaram mais intensamente em alta frequência (superior a 500 Hz) durante a separação por um tempo de 10 minutos, com maior número de “chamadas”, o que não ocorreu com leitões mais velhos. Constataram que o estresse produzido pela separação e frustração da motivação de mamar é problema comportamental importante quando os leitões são desmamados com menos de quatro semanas.



Fonte: WEARY et al. (1999)

Figura 4. Resposta comportamental de leitões separados da mãe em diferentes idades.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada nas instalações para as fases de creche e terminação de três granjas de ciclo completo de produção de suínos, durante o verão e inverno de 2002 e 2003.

Nas coletas dos dados, não houve interferência no manejo empregado e as medidas seguiram um padrão conforme mostra a Tabela 14.

Tabela 14. Observações nas granjas com relação a conforto térmico, gases, ruído e poeira, em creche e terminação de suínos.

Granja	Instalação: Creche	Instalação: Terminação	Observação
Bawman	Tipo gaiola suspensa	-	Verão/2002
	Tipo piso semi-ripado	-	Verão/2002
Querência	Tipo piso compacto	Tipo piso compacto	Verão/Inverno 2003
Castelo	Tipo piso semi-ripado	Tipo piso compacto com lâmina d'água	Verão/Inverno 2003

As características construtivas das edificações e o manejo empregado na produção vêm descritos na seqüência.

4.1. Granjas Avaliadas

4.1.1. Granja 1

As instalações localizam-se na região de Salto-SP, situada a uma latitude de 23°12'10" sul, longitude 47°17'35" oeste e altitude de 521 m. O clima predominante da região, de acordo com KÖPPEN é Cwa, caracterizado como clima quente, temperado chuvoso, com estação seca no inverno e com verão quente.

A granja possuía um plantel médio de 1000 matrizes de genética própria formada por fêmea (Landrace x Large White) e macho (Pic).

O manejo dos animais consistia no seguinte: as fêmeas gestantes eram conduzidas para a maternidade uma semana antes da parição em grupos de 36, retornando à instalação de gestação para serem cobertas após o desmame. Os leitões no desmame aos 21 dias eram conduzidos para a pré-creche com peso médio de 6,5 kg e em seguida conduzidos para a creche com 11 kg em média (35 dias, aproximadamente), onde permaneciam até os 30,0 kg em média (70 dias, aproximadamente). Na fase de crescimento, os animais permaneciam dos 30 kg aos 70 kg em média (70 aos 110 dias, aproximadamente) e na fase de terminação, os animais permaneciam dos 70 kg aos 110 kg em média (110 aos 150 dias, aproximadamente). Em cada unidade havia um funcionário responsável, sendo o turno de trabalho de 07:00 às 11:00 horas e das 12:30 às 16:30 horas, de segunda a sexta, e no sábado de 07:00 às 11:00 horas.

O arração na fase de creche e na fase de terminação era realizado manualmente nos seguintes horários: às 7:15, 9:00, 10:30, 12:30 e 15:00 horas, com a ração sendo colocada no cocho em quantidade pré-determinada e umedecida em seguida, sendo no último trato oferecida às 16:30 h na forma seca.

a. Creche

Instalação com orientação leste-oeste sendo construída de paredes de alvenaria, pilares de concreto armado, pé-direito no beiral de 2,30 m, telhado de duas águas com lanternim (1,90 m de abertura horizontal) na inclinação de 12,8% e de estrutura de aço,

cobertura de telhas de fibrocimento e beiral de 0,85 m. A 15,60 m ao sul e a 2,40 m ao norte eram localizadas as instalações para maternidade. O entorno da instalação era formado por grama.

A edificação era formada por quatro salas separadas por paredes de ½ tijolo até o banzo superior da treliça como mostram as Figuras 5 e 6 e Anexo 1.



Figura 5. Vista geral do galpão para creche.



Figura 6. Detalhes do interior da sala.

Cada sala era formada por duas baias separadas por parede ($\frac{1}{2}$ tijolo) na altura de 1,0 m, e cada baia possuía uma $A_{\text{piso}} = 86,53 \text{ m}^2$ (6,90 m x 12,54 m) de piso cimentado e corredor de 1,00 m de largura no lado exterior para os serviços de rotina. Os fechamentos laterais eram de alvenaria ($\frac{1}{2}$ tijolo) na altura de 1,00 m, com cortina para controle ambiental. As baias continham um rebaixo de 0,50 m de largura por 0,10 m de profundidade junto à parede divisória para escoamento da água dos bebedouros e descarga dos dejetos, com comedouro no piso ao longo da parede divisória com o meio exterior e quatro comedouros de alvenaria para depósito de ração de 1,10 m de largura e 1,85 m de comprimento. A água era fornecida aos animais por bebedouros do tipo chupeta (oito em cada baia), mais bebedouro tipo cocho com água corrente situado junto à parede divisória das baias.

A limpeza das baias era realizada diariamente pela manhã com a raspagem do piso. A lavagem do piso era realizada na entrada de um novo lote de animais, com o material (água, fezes, urina, ração, etc.) conduzido para lagoa de estabilização. O vazio sanitário era sempre realizado na entrada de novo lote de animais e consistia de desinfecção química e descanso das baias por 1 semana, aproximadamente.

A sala utilizada para as medidas situava-se no centro da edificação e possuía 360 suínos (180 em cada baia) que saíram da pré-creche com peso médio de 10,61 kg (35 dias de vida, aproximadamente), perfazendo $0,48 \text{ m}^2/\text{animal}$. No período de verão, a sala alojava suínos com peso médio de 15,20 kg totalizando 5.472 kg, perfazendo $31,62 \text{ kg/m}^2\text{piso}$. No período de inverno, a sala alojava suínos com peso médio de 17,70 kg totalizando 6.372 kg, perfazendo $38,39 \text{ kg/m}^2\text{piso}$.

O ruído, a poeira e a velocidade do vento foram medidos a 1,5 m do piso. As concentrações dos gases, a temperatura bulbo seco e de bulbo úmido, temperatura de globo e a umidade relativa do ar foram medidos a 1,5 m do piso e ao nível dos animais (0,95 m, aproximadamente). Os instrumentos foram colocados em gaiolas que foram instaladas próximos à parede divisória das baias. As variáveis climáticas externas (temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento) foram medidas a 1,5 m do solo, no lado sul a 8,0 m da edificação.

b. Terminação

Esta instalação foi uma modificação e adaptação de um galpão usado anteriormente para confinamento de gado de corte. Possuía orientação leste-oeste sendo construída em estrutura de madeira, pé-direito no beiral de 2,00 m, telhado de duas águas na inclinação de 12,87% com cobertura de telhas de fibrocimento correspondendo a 2/3 da área do telhado, beiral de 0,10 m, corredor de serviço de piso elevado na largura de 3,5 m, corredor de circulação de 2,5m de largura no lado externo. O entorno da instalação era formado por grama.

A instalação tinha 120 m de comprimento por 25,10 m de largura e era formada por oito baias como mostram as Figuras 7 e 8 e Anexo 2.



Figura 7. Vista geral do galpão para terminação.

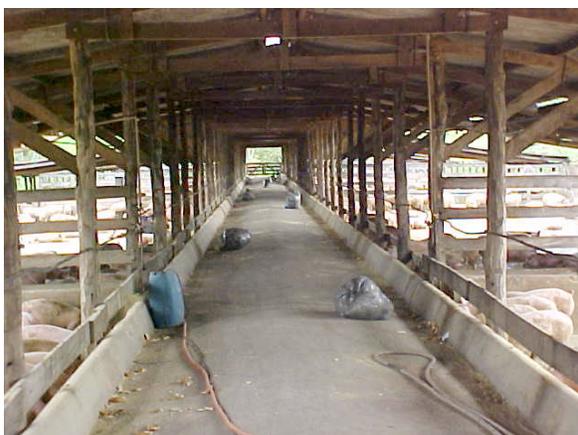


Figura 8. Detalhes do interior da instalação.

Cada baía possuía uma $A_{\text{piso}} = 324,00 \text{ m}^2$ (30 m x 10,80 m), separadas por tábuas de madeira até altura de 1,5 m, piso cimentado e comedouro de alvenaria locado junto ao corredor de serviço. A água era fornecida aos animais por bebedouros do tipo chupeta (dez em cada baía) situada junto à divisória das baías.

A limpeza das baías era realizada diariamente pela manhã com a raspagem do piso. A lavagem do piso era realizada uma vez por semana (aos sábados), com o material (água, fezes, urina, ração, etc.) conduzido para a lagoa de estabilização. Na entrada de um novo lote praticava-se o vazio sanitário por 3 dias, com desinfecção química das baías.

As medidas foram realizadas próximo da baía central da instalação, que possuía uma média de 200 animais por baía, perfazendo $1,62 \text{ m}^2/\text{animal}$. No período de verão, a instalação alojava 1.600 animais (média), com peso médio de 75 kg totalizando 120 t, perfazendo $46,29 \text{ kg/m}^2\text{piso}$. No período de inverno, a instalação alojava 950 animais (média), com peso médio de 70 kg totalizando 66,5 t, com as baías centrais sendo ocupadas por 200 animais, perfazendo $43,21 \text{ kg/m}^2\text{piso}$.

O ruído, a poeira e a velocidade do vento foram medidos a 1,5 m do piso, no corredor central no centro geométrico da instalação. As concentrações dos gases, a temperatura bulbo seco e de bulbo úmido, temperatura de globo e a umidade relativa do ar foram medidas a 1,5 m do piso com os instrumentos colocados em gaiolas, que foram instaladas no corredor central no centro geométrico da instalação e ao nível dos animais (1,20 m, aproximadamente), no interior da baía. As variáveis climáticas externas (temperatura e umidade relativa do ar, vento) foram medidas a 1,5 m do solo, no lado sul a 5,0 m da edificação.

4.1.2. Granja 2

As instalações localizam-se na região de Salto-SP, situada a uma latitude de $23^{\circ}12'10''$ sul, longitude $47^{\circ}17'35''$ oeste e altitude de 555 m. O clima predominante da região, de acordo com KÖPPEN é Cwa, caracterizado como clima quente, temperado chuvoso, com estação seca no inverno e com verão quente.

A granja possuía um plantel de 480 matrizes de genética própria formada por fêmea (Camborough) e macho (AgPic).

O manejo dos animais consistia no seguinte: as fêmeas gestantes eram conduzidas para a maternidade uma semana antes da parição em grupos de 20 a 25, retornando à instalação de gestação para serem cobertas após o desmame. Os leitões no desmame aos 21 dias eram conduzidos para a pré-creche com peso médio de 6,5 kg e em seguida conduzidos para a creche com 11 kg em média (35 dias, aproximadamente), onde permaneciam até os 22,0 kg em média (62 dias, aproximadamente). Na fase de crescimento, os animais permaneciam dos 22 kg aos 37 kg em média (62 aos 82 dias, aproximadamente) e na fase de terminação, os animais permaneciam dos 37 kg aos 100 kg em média (82 aos 150 dias, aproximadamente). O excedente da produção de animais era alojado em galpões de granjas integradas. Em cada unidade havia um funcionário responsável, sendo o turno de trabalho de 07:00 às 11:00 horas e das 12:00 às 17:00 horas, de segunda a sexta, e metade dos trabalhadores no sábado e domingo no mesmo turno horário, em rodízio para folga.

O arração na fase de creche era realizado manualmente nos seguintes horários: às 7:15, 9:00, 10:30, 12:00 e 15:00 horas, com a ração sendo colocada no cocho em quantidade pré-determinada e umedecida em seguida, sendo no último trato oferecida às 16:00 h na forma seca. Na fase de terminação, era realizado manualmente nos seguintes horários: às 7:15, 10:00 e 12:30 horas, com a ração sendo colocada no cocho em quantidade pré-determinada e umedecida em seguida, sendo no último trato oferecida às 16:00 h na forma seca.

a. Creche

Instalação com orientação leste-oeste sendo construída de paredes de alvenaria, pilares de concreto armado, pé-direito no beiral de 2,35 m, telhado de duas águas com lanternim (1,45 m de abertura horizontal) na inclinação de 48% com estrutura em treliças de madeira, cobertura de telhas de barro e beiral de 0,35 m. O entorno do galpão era formado por grama e algumas árvores.

A edificação era formada por dez salas separadas por paredes de ½ tijolo até o banzo superior da treliça, sendo que três salas eram usadas para creche situadas no centro da edificação, como mostram as Figuras 9 e 10 e Anexo 3.



Figura 9. Vista geral do galpão para creche.



Figura 10. Detalhes do interior da sala.

Cada sala era formada por catorze baias separadas entre si por parede de $\frac{1}{2}$ tijolo na altura de 0,68 m, com corredor central de 0,57 m de largura. A sala possuía uma $A_{\text{piso}} = 61,25 \text{ m}^2$ (9,80 m x 6,25 m) e as baias (1,30 m x 2,80 m) possuía piso semi-ripado que correspondia a $\frac{2}{3}$ cimentado e $\frac{1}{3}$ piso plástico perfurado, onde se encontravam dois bebedouros do tipo chupeta, e comedouro de alvenaria locado ao nível do piso na divisa com o corredor central. Os fechamentos laterais eram de alvenaria ($\frac{1}{2}$ tijolo) na altura de 1,55 m, com cortina para controle ambiental.

A limpeza das baias era realizada diariamente pela manhã com raspagem e lavagem do piso, com o material (água, fezes, urina, ração, etc.) conduzido para a lagoa de estabilização. Na entrada de um novo lote, praticava-se o vazio sanitário por 3 dias, com lavagem e desinfecção química da sala.

A sala utilizada para as medidas situava-se no centro da edificação e possuía 140 leitões (10 em cada baia) que saíram da pré-creche com peso médio de 11 kg (35 dias de vida, aproximadamente), perfazendo $0,36 \text{ m}^2/\text{animal}$. No período de verão, a sala alojava suínos com peso médio de 22,73 kg (64 dias de vida) totalizando 3.182,20 kg, perfazendo $51,95 \text{ kg/m}^2\text{piso}$. No período de inverno, a sala alojava suínos com peso médio de 20,26 kg (61 dias de vida) totalizando 2.836,40 kg, perfazendo $46,31 \text{ kg/m}^2\text{piso}$.

O ruído, a poeira e a velocidade do vento foram medidos a 1,5 m do piso. As concentrações dos gases, a temperatura bulbo seco e de bulbo úmido, temperatura de globo e a umidade relativa do ar foram medidas a 1,5 m do piso e ao nível dos animais (0,95 m, aproximadamente). Os instrumentos foram colocados em gaiolas que foram instaladas no centro geométrico da sala nas duas alturas. As variáveis climáticas externas (temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento) foram medidas a 1,5 m do solo no lado sul a 4,0 m da edificação.

b. Terminação

Instalação com orientação leste-oeste sendo construída em estrutura metálica, pé-direito no beiral de 3,20 m, telhado de duas águas na inclinação de 30%, cobertura de telhas de fibrocimento, beiral de 0,25 m. O entorno da instalação era formado por grama.

A edificação tinha 112,50 m de comprimento e 12,50 m de largura, formada por quarenta e nove baias separadas por corredor central de 1,00 m de largura, como mostram as Figuras 11 e 12 e Anexo 4.

Cada baia possuía uma $A_{\text{piso}} = 24,20 \text{ m}^2$ (4,40 m x 5,50 m) separadas entre si por paredes (½ tijolo) na altura de 1,10 m, piso cimentado, comedouro de alvenaria ao nível do piso locado junto à parede do corredor central e um comedouro de alvenaria para depósito de ração locado nos cantos das baias, e cortina nas paredes externas para controle ambiental. No fundo das baias localizam-se dois bebedouros tipo chupeta e a lâmina de água.



Figura 11. Vista do galpão para terminação.

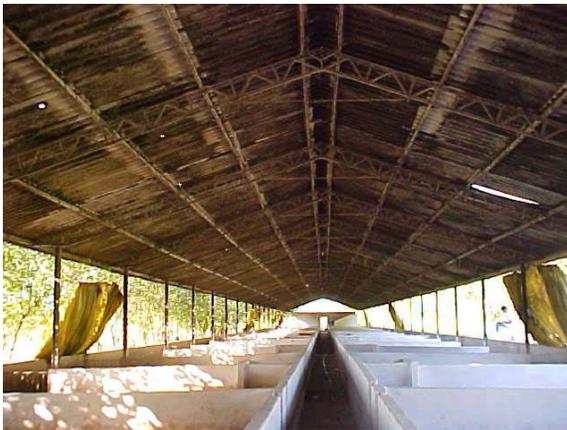


Figura 12. Detalhes do interior da instalação.

A lâmina de água consistia de uma depressão de 1,00 m de largura e 0,10 m de profundidade, preenchida até a altura de 8 cm e regulada por uma saída (ladrão) para uma canaleta externa. Possuía um fluxo contínuo através de uma torneira e o seu esgotamento era realizada uma vez por semana (às sextas-feiras), conduzindo o material (água, fezes, urina, ração, etc.) para a lagoa de estabilização. A limpeza das baias consistia no esgotamento da lâmina de água, sendo que na entrada de um novo lote, praticava-se o vazio sanitário por 3 dias, com lavagem e desinfecção química das baias.

As medidas foram realizadas na parte central da instalação, que possuía uma média de 25 suínos por baía, perfazendo $0,97 \text{ m}^2/\text{animal}$. No período de verão, a instalação alojava 1.175 animais, com peso médio de 70 kg totalizando 82,25 t, perfazendo $58,49 \text{ kg/m}^2 \text{ piso}$. No período de inverno, a instalação alojava 950 animais, com peso médio de 70 kg totalizando 66,50 t, perfazendo $47,28 \text{ kg/m}^2 \text{ piso}$.

O ruído, a poeira e a velocidade do vento foram medidos a 1,5 m do piso, no corredor central no centro geométrico da edificação. As concentrações dos gases, a temperatura bulbo seco e de bulbo úmido, temperatura de globo e a umidade relativa do ar foram medidas a 1,5 m do piso e ao nível dos animais (1,20 m, aproximadamente). Os instrumentos foram colocados em gaiolas que foram instalados no centro geométrico da edificação e no interior da baía. As variáveis climáticas externas (temperatura e umidade relativa do ar, vento) foram medidas a 1,5 m do solo, no lado sul a 5,0 m da edificação.

4.1.3. Granja 3

As instalações localizam-se na região de Campinas-SP, situada a uma latitude de $22^{\circ}55'48''$ sul; longitude $47^{\circ}04'48''$ oeste e altitude de 674 m. O clima predominante da região, de acordo com KÖPPEN é Cwa, caracterizado como clima quente, temperado chuvoso, com estação seca no inverno e com verão quente.

A granja possuía um plantel médio de 300 matrizes de genética predominantemente Dalland.

O manejo dos animais consistia no seguinte: as fêmeas gestantes eram conduzidas para a maternidade uma semana antes da parição em grupos de 14, retornando à instalação de gestação para serem cobertas após o desmame. Os leitões no desmame aos 21 dias eram conduzidos para a creche com peso médio de 6,5 kg e permaneciam nesta unidade até os 30 kg em média, (70 dias, aproximadamente). Na fase de crescimento, os animais permaneciam dos 30 kg aos 70 kg em média (70 aos 110 dias, aproximadamente) e na fase de terminação, os animais permaneciam dos 70 kg aos 110 kg em média (110 aos 150 dias, aproximadamente). Em cada unidade tinha um funcionário responsável, sendo o turno de trabalho de 07:00 às

11:00 horas e das 13:00 às 17:00 horas, de segunda a sexta e no sábado, de 07:00 às 11:00 horas.

O experimento nesta granja consistiu de um projeto piloto realizado no verão de 2002, onde foram medidas as concentrações de H₂S, CH₄, CO e O₂, o ruído e as condições climáticas internas (TBS, TBU, TGN e velocidade do vento), em duas salas de creche: uma com gaiolas suspensas e outra de piso semi-ripado, com as medidas realizadas a 1,5 m do piso, no centro geométrico da sala, continuamente.

Neste estudo, as análises de ruído (contínuo e de pico) e de IBUTG foram realizadas considerando o delineamento experimental em blocos ao acaso (horários), com dois tratamentos (tipos de piso) e duas repetições (dias). Os dados foram submetidos à análise de variância empregando-se o teste “F” e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

a. Creche

Esta instalação foi uma modificação e adaptação de um galpão usado anteriormente para criação de frango de corte. Possuía orientação leste-oeste sendo construída de paredes de alvenaria, pilares de madeira, pé-direito no beiral de 2,60 m, telhado de duas águas na inclinação de 30% com estrutura em treliças de madeira, cobertura em telhas de fibrocimento e beiral de 0,80 m. O entorno da instalação era formado por grama e algumas árvores no lado norte, como mostra a Figura 13.

A edificação era formada por salas, sendo duas com gaiolas, duas de piso semi-ripado e duas de piso compacto com fosso ripado. As salas eram separadas por paredes de ½ tijolo até o banzo inferior da treliça e possuía janelas (2,00 m x 1,10 m) com 1,10 m de peitoril, localizadas nas paredes externas para controle ambiental, com corredor de serviço de 1,00 m de largura situado no lado exterior para os serviços de rotina.

A limpeza das salas era realizada diariamente pela manhã com a raspagem do piso. A lavagem do piso era realizada uma vez por semana, com o material (água, fezes, urina, ração, etc.) conduzido para lagoa de estabilização. O vazio sanitário era realizado por 3 dias sempre na entrada de um novo lote de animais, com limpeza e desinfecção química das salas.



Figura 13. Vista geral do galpão para creche.

O arraçoamento era realizado manualmente nos seguintes horários: no início das atividades às 7:15, 12:00 e às 16:30 horas, com ração colocada no cocho em quantidade pré-determinada.

As salas de creche com gaiolas suspensas eram situadas no extremo da edificação e possuíam duas fileiras de gaiolas (seis de cada lado), sendo que cada gaiola tinha um bebedouro tipo chupeta e um comedouro tipo cocho. As fileiras de gaiolas eram separadas por um corredor de 1,00 m de largura. A sala possuía uma $A_{\text{piso}} = 50,49 \text{ m}^2$ (9,90 m x 5,10 m), de piso cimentado com caixa de descarga locada no centro da sala, como mostra a Figura 14.

Durante as medidas, a sala de creche com gaiolas suspensas possuía 137 leitões, com peso médio de 28,0 kg (aproximadamente, 67 dias de vida) totalizando na sala 3.836 kg, perfazendo $75,97 \text{ kg/m}^2 \text{ piso}$.



Figura 14. Vista do interior das salas de creche com gaiolas.

As salas de piso semi-ripado (metade plástico perfurado e metade compacto) estavam situadas no centro da edificação e eram formadas por duas baias separadas por parede (½ tijolo) na altura de 1,0 m, sendo que cada baia possuía uma $A_{\text{piso}} = 40,59 \text{ m}^2$ (9,90 m x 4,10 m) com oito bebedouros tipo chupeta e três comedouros tipo cone para creche, como mostra a Figura 15.

Durante as medidas, a sala de creche de piso semi-ripado possuía 191 suínos por baia, com peso médio de 16,0 kg (aproximadamente, 48 dias de vida) totalizando 3.056 kg, perfazendo $75,28 \text{ kg/m}^2 \text{ piso}$.



Figura 15. Vista do interior das salas de creche de piso semi-ripado.

4.2. Instrumentação e Medidas

Os instrumentos utilizados para avaliar gases, poeira, ruído e as variáveis climáticas: velocidade do vento, temperatura de bulbo seco, de bulbo úmido e temperatura de globo e a umidade relativa do ar, são certificados e oferecem muitos recursos técnicos.

As amostragens e medidas foram realizadas considerando o horário de trabalho dos funcionários¹⁴, sendo que as medidas iniciais foram desprezadas, considerando a estabilização dos sensores.

4.2.1. Ambiente Térmico

Os dados das temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido, de globo negro e da umidade relativa do ar foram obtidos em intervalos de 30 minutos, com o Monitor de Estresse Térmico da marca Questemp 34 (Figura 16), instrumento que faz o registro contínuo e com interface para computador através de *software* próprio para o processamento e análise dos dados, com escalas de leituras para temperaturas de -5°C a $+100^{\circ}\text{C}$ e resolução $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e escala de leitura para a umidade relativa variando de 0% a 100% e resolução de $\pm 5\%$. O termômetro de globo consiste numa esfera negra de 2 polegadas de diâmetro, cuja indicação da temperatura é correlacionada com a temperatura fornecida por um globo negro padrão de 6 polegadas de diâmetro.

Os dados das velocidades do vento interno (V_{int}) e externo (V_{ext}), da temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos em intervalos de 30 minutos, utilizando o higrómetro HTA 4.2000 da marca Pacer (Figura 16), instrumento que faz o registro contínuo e com interface para computador através de *software* próprio para o processamento e análise dos dados, com escala de leitura para temperatura de -20°C a 80°C e resolução $0,1^{\circ}\text{C}$ e escala de leitura para a umidade relativa variando de 5% a 95% e resolução de 0,1%. O sensor para vento é formado por pás giratórias com escala de leitura variando de $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a $35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e sensibilidade de $0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

¹⁴ Explicitado no item 4.1.



Figura 16. Monitor de estresse térmico e higrotermoanemômetro.

4.2.2. Gases (NH_3 , H_2S , CO , CH_4 e O_2)

As medidas da concentração dos gases NH_3 , H_2S , CO , CH_4 e O_2 foram realizadas por amostragem completa da jornada em intervalos de 10 minutos, utilizando o Analisador Multigás MultiLog 2000 da marca Quest (Figura 17), instrumento que faz o registro contínuo e com interface para computador através de *software* próprio para o processamento e análise dos dados, com uma exatidão de leitura de $\pm 5\%$.



Figura 17. Monitor de gases para amônia (NH_3), sulfeto de hidrogênio (H_2S), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) e oxigênio (O_2).

As características dos sensores de amônia (NH_3), sulfeto de hidrogênio (H_2S), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) e oxigênio (O_2) são mostradas na Tabela 15.

Tabela 15. Características dos sensores NH₃, H₂S, CO, CH₄ e O₂.

Agente químico	Faixa de operação	Resolução
NH ₃	0 - 50 ppm	1 ppm
H ₂ S	0 - 500 ppm	1 ppm
CO	0 - 999 ppm	1 ppm
CH ₄ (VOL)*	0 - 5%	0,1%
O ₂	0 - 30%	0,1%

*% de CH₄ em volume no ar.

5% de CH₄ no ar corresponde a 100% LEL (Lower Explosive Limit).

Antes de cada medida e sempre no início das atividades, era realizado o processo de zerar o instrumento, que tinha como objetivo prepará-lo para as novas medidas. Este processo de zerar o instrumento era realizado em local ventilado, distante das instalações e sempre à montante em relação à direção dos ventos predominantes.

4.2.3. Poeira

A avaliação de poeira foi realizada com amostras consecutivas obtidas durante a jornada de trabalho.

A poeira total e respirável foi coletada em dias alternados no corredor central a 1,5 m de altura do piso, nos seguintes horários: por volta das 8:00 horas, por volta das 11:00 horas, por volta das 14:00 horas e no final do expediente (por volta das 16:00 horas), totalizando quatro amostras diárias.

Para a amostragem de poeira foram utilizados os seguintes instrumentos:

- Bomba de amostragem de poeira e Calibrador eletrônico

Consiste numa bomba de uso individual alimentada por baterias de níquel/cádmio recarregáveis, com uma capacidade de vazão de 1 a 5 L.min⁻¹ (Modelo Gilair-5 - Gilian/Figura 18), que aspira o ar contaminado até o filtro. A bomba possui um rotômetro que indica aproximadamente o fluxo de ar que está passando pela mesma e um controlador de fluxo que mantém a vazão constante dentro de 5% de variação.

Antes de serem utilizadas em campo, as bombas eram calibradas para a vazão específica para cada tipo de poeira, e após as amostragens, eram novamente conferidas para checar se a vazão estava se mantendo dentro da faixa de 5% de variação admitida.

O calibrador eletrônico (Figura 18), utilizado para calibrar a bomba, opera pelo princípio da bolha de sabão. Este equipamento possui um pistão (cilindro), de comprimento e área conhecidos, no interior do qual uma bolha de sabão percorre o seu comprimento, fornecendo diretamente a vazão da bomba. Para a calibração, foram realizadas as seguintes etapas:

- ligar a bomba de amostragem;
- fazer o teste de vazão da bomba, regulando o rotômetro;
- umedecer o pistão com bolhas de sabão, de modo a lubrificar sua parte interna;
- formar uma bolha, e verificar no display do calibrador a vazão;
- repetição do processo com mais 5 bolhas, e verificar a vazão média.



Figura 18. Bomba de coleta de poeira e calibrador eletrônico.

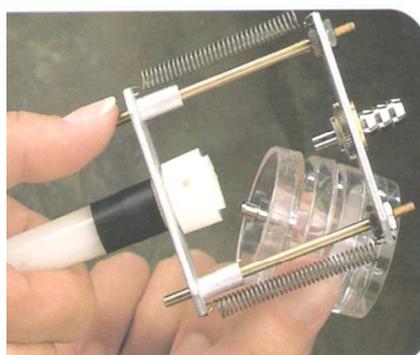
- Sistemas filtrantes (filtros e porta-filtro) e Ciclone

O filtro de membrana de PVC (polímero de cloreto de polivinila) de 5 μm de poro e 37 mm de diâmetro foi utilizado para a coleta de poeira. O filtro possui alta eficiência de coleta, baixo índice higroscópico e baixo teor de cinzas, e não interfere no método de análise química da sílica livre, ficando apoiado em suporte no interior do porta-filtro. Os suportes são placas de papelão de 37 mm de diâmetro, sendo que após cada coleta estes foram descartados, de modo a evitar contaminação das amostras.

Os porta-filtros ou cassetes são dispositivos de poliestireno usados para acomodar os filtros. Para uso em amostragem de poeira, podem ser de duas ou três peças de 37 mm de diâmetro, os quais são encaixados formando uma única estrutura.

Para a separação das partículas de poeira respirável foi utilizado um ciclone de nylon de 10 mm de diâmetro com a função de selecioná-las de acordo com suas dimensões. O ciclone centrifuga as partículas maiores que 10 μm (fração não respirável), impedindo que estas passem pelo filtro.

A Figura 19 mostra a montagem do porta-filtro de duas peças mais ciclone e o conjunto utilizado para a coleta de poeira respirável.



(a)



(b)

Figura 19. Montagem do porta-filtro de duas peças e ciclone (a) e conjunto montado (b).

A preparação dos filtros para as amostragens foi realizada em laboratório e consistiu no seguinte: inicialmente os filtros foram colocados num dessecador contendo sílica gel por

um tempo mínimo de 2 horas, pesado (massa inicial) e montado no cassete que foi vedado com fita veda-rosca (para evitar contaminação da amostra, umidade, etc.) e codificado. Após a coleta do contaminante, o filtro foi retirado do cassete e colocado no dessecador por um tempo mínimo de 2 horas e pesado (massa final), e pela Eq. 2 foi determinada a concentração do contaminante. As análises gravimétricas consistiram na pesagem dos filtros de membrana antes e depois da coleta de poeira, e foram realizadas tomando-se o cuidado para que as condições de temperatura e umidade relativa do ar no laboratório estivessem com a mínima variação entre os dias de pesagem dos filtros.

- Balança analítica eletrônica

Para a pesagem do filtro antes e após a coleta de poeira, foi utilizada uma balança analítica eletrônica (Interprise/ADAM EQUIPMENT CO.), de capacidade de 210 gramas e sensibilidade de 0,0001 g (0,1 mg).

- Procedimento de avaliação

A avaliação de poeira total e de poeira respirável foi realizada de acordo com os métodos padronizados do NIOSH (1994) em seu “Manual of Analytical Methods”.

a) Poeira total (PNCOM,T)

Método 0500 - Particulates not otherwise regulated, Total

Neste método, a coleta de poeira deve ser realizada com filtro de PVC de 5 µm de poro e 37 mm de diâmetro montado no cassete e ligado a uma bomba com vazão de aspiração de 1 a 2 L.min⁻¹, sendo que o volume de ar amostrado deve estar compreendido entre um mínimo de 7 L e um máximo de 133 L e a massa de ar contaminada amostrada deve estar compreendida entre 0,1 e 2,0 mg.

A coleta de poeira total foi realizada com uma vazão da bomba de $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e tempo de amostragem de 80 minutos. Pela Eq. 4, o volume de ar contaminado amostrado foi de 120 L.

Para cada avaliação na concentração de poeira, foi realizado um branco de campo, verificando-se a influência das condições atmosférica na massa do filtro, conforme a Eq. 3.

Uma amostra de poeira foi enviada ao Laboratório de Análises Químicas - T&E Analítica, Campinas-SP para análise e comparação de resultados.

b) Poeira respirável (PNCOM,R)

Método 0600 - Particulates not otherwise regulated, Respirable

Neste método, a coleta de poeira deve ser realizada com filtro de PVC de $5 \mu\text{m}$ de poro e 37 mm de diâmetro, montado no cassete com uso de ciclone e ligado a uma bomba com vazão de aspiração de $1,7 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, sendo que o volume de ar amostrado deve estar compreendido entre um mínimo de 20 L e um máximo de 400 L e a massa de ar contaminada amostrada deve estar compreendida entre 0,1 e 2,0 mg.

A coleta de poeira respirável foi realizada com uma vazão da bomba de $1,7 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e tempo de amostragem de 80 minutos. Pela Eq. 4, o volume de ar contaminado amostrado foi de 136 L.

Este procedimento de coleta consiste de dois estágios: no primeiro estágio o ciclone é utilizado, no qual a rápida circulação tangencial do ar provoca a separação das partículas conforme o diâmetro aerodinâmico equivalente, retendo as partículas maiores que $10 \mu\text{m}$ de diâmetro e permitindo a passagem das partículas menores (fração respirável) para o segundo estágio; o segundo estágio foi formado pelo porta-filtro, contendo o suporte de celulose e filtro de membrana, sobre o qual a poeira respirável ficou retida.

4.2.3. Ruído

As medidas de ruído foram obtidas utilizando o Medidor de Nível de Pressão Sonora (NPS) modelo 2900, tipo 2 da marca Quest (Figura 20). Este instrumento faz o registro contínuo, com interface para computador através de *software* próprio para o processamento e análise de sinal. O sensor consiste de um microfone eletreto de ½ polegada de diâmetro, que era coberto com uma esfera de espuma de poliuretano de células abertas usado para minimizar erros causados por vento (protetor de vento), protegendo também o microfone de poeira e sujeira. Antes de ser colocado em operação, o instrumento era aferido com o calibrador acústico, modelo QC-20 da Quest (Figura 20), que gera um nível estável e alto de pressão sonora de 94 dB e de 114 dB, com frequência em tom puro de 250 Hz e 1 kHz.



Figura 20. Medidor de nível de pressão sonora e calibrador acústico.

O ruído de impacto foi medido em decibéis (dB) na escala linear, a 1,50 m de altura do piso, durante um dia e em intervalos de cinco minutos.

O ruído contínuo (L_{eq}) foi medido em decibéis (dB) com o instrumento operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (slow), conforme especificações da NR-15 (1978) e da NBR 10.151/2000, a 1,50 m de altura do piso, em intervalos de cinco minutos, continuamente.

Antes da realização das medidas do ruído de impacto e ruído contínuo, foi medido o ruído de fundo conforme descreve GERGES (1992). Para efetuar estas medidas, o medidor de NPS foi colocado no centro do galpão para terminação e no centro da sala para creche, sem ocupação específica destes ambientes, a 1,50 m de altura do piso e os dados foram coletados por uma hora e trinta minutos aproximadamente, em intervalos de três minutos.

4.3. Insalubridade

Foram estimados os riscos da exposição ocupacional quanto aos agentes ambientais avaliados de acordo com a legislação vigente (NR-15, 1978 e ACGIH, 2001).

4.4. Análise estatística

Inicialmente, as concentrações de gases e poeira, níveis de ruídos e conforto térmico foram submetidos às análises de estatística descritiva.

Para se comparar os ambientes de creche e terminação quanto às variáveis climáticas (TBS e UR), ao IBUTG, à concentração de amônia e de ruído, foi usado o delineamento experimental em fatorial 2 x 4 x 2 x 6 representando as estações (E.: verão, inverno), galpões (G: G1c, G2c, G1t e G2t, correspondente às instalações de creche e terminação das granjas 1 e 2), alturas (A: 1,5 m e ao nível dos animais) e horários (H: 7:00 - 8:00, 8:30 - 9:30, 9:30 - 10:30, 11:30 - 12:30, 14:30 - 15:30 e 16:00 - 17:00) e três repetições (dias).

Ressalta-se que as formas de condução dos processos (manejo), que são repetitivos, não sofreram nenhuma interferência e serviram de base para as comparações e inferências estatísticas.

Os dados foram submetidos à análise de variância, empregando-se o teste “F” e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Foram utilizados os programas SAS (Statistical for Analysis System) para as análises estatísticas e o programa WinEdt para a manipulação dos dados (verificação das interações).

O modelo estatístico empregado na análise é dado pela seguinte expressão:

$$\begin{aligned}
 Y_{ijk\ell} = & \mu + \alpha_i(E) + \beta_j(G) + \gamma_k(A) + \sigma_\ell(H) + \alpha\beta_{ij}(E*G) + \alpha\gamma_{ik}(E*A) + \alpha\sigma_{i\ell}(E*H) + \beta\gamma_{jk}(G*A) \\
 & + \beta\sigma_{j\ell}(G*H) + \gamma\sigma_{k\ell}(A*H) + \alpha\beta\gamma_{ijk}(E*G*A) + \alpha\beta\sigma_{ij\ell}(E*G*H) + \alpha\gamma\sigma_{ik\ell}(E*A*H) + \\
 & \beta\gamma\sigma_{jk\ell}(G*A*H) + \alpha\beta\gamma\sigma_{ijk\ell}(E*G*A*H) + \xi_{ijk\ell} \\
 & (i = 1 - 2; \quad j = 1 - 2 - 3 - 4; \quad k = 1 - 2; \quad \ell = 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6)
 \end{aligned}$$

onde: $Y_{ijk\ell}$ = variável resposta (estação, galpão, altura e horários);

μ = média geral de $Y_{ijk\ell}$;

α_i = efeito do nível i do fator estação sobre a média geral do modelo;

β_j = efeito do nível j do fator galpão sobre a média geral do modelo;

γ_k = efeito do nível k do fator altura sobre a média geral do modelo;

σ_ℓ = efeito do nível ℓ do fator horário sobre a média geral do modelo;

$\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação do nível i de estação com o nível j de galpão sobre a média geral do modelo;

$\alpha\gamma_{ik}$; $\alpha\sigma_{i\ell}$; $\beta\gamma_{jk}$; $\beta\sigma_{j\ell}$; $\gamma\sigma_{k\ell}$; $\alpha\beta\gamma_{ijk}$; $\alpha\beta\sigma_{ij\ell}$; $\alpha\gamma\sigma_{ik\ell}$; $\beta\gamma\sigma_{jk\ell}$; $\alpha\beta\gamma\sigma_{ijk\ell}$ = efeito das interações entre os níveis sobre a média geral do modelo;

e

$\xi_{ijk\ell}$ = erro independente das variáveis aleatórias com distribuição normal (0; σ^2).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação dos Agentes Ambientais

Foram analisados, estatisticamente, os dados médios horários do Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG), Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e da Umidade Relativa do Ar (UR), Concentração de Amônia (Amônia) e Níveis de Ruído Contínuo (Rcont.) no interior das instalações para suínos nas fases de creche e terminação nas Granjas G1 e G2, que constituíram os tratamentos experimentais, com três repetições cada. Os resumos das análises de variância estão mostrados na Tabela 14.

5.1.1. Avaliação do Ambiente Térmico

Na Tabela 16 observa-se que a estação do ano (E), a instalação (G) e os horários (H) tiveram influência significativa sobre os valores obtidos para IBUTG, TBS e UR. Como a interação tripla foi significativa sobre o valor resultante de IBUTG e TBS, isso indica que as três variáveis (E, G e H) agem em conjunto. O baixo coeficiente de variação (C.V.) indica que o experimento foi conduzido de forma satisfatória no estudo destas variáveis.

Os valores médios de IBUTG no decorrer dos três dias de medidas nas instalações de creche e terminação, para as condições de verão e inverno, são mostrados nas Figuras 21 e 22, respectivamente.

Tabela 16. Resumo das análises de variância referentes aos efeitos da Estação (E), do Galpão (G), da Altura (A) e dos Horários (H) com relação à média horária do Conforto Térmico Ambiental (IBUTG), da Temperatura de Bulbo Seco (TBS), da Umidade Relativa do Ar (UR), da Concentração de Amônia e do Nível de Ruído Contínuo (Rcont.) no Interior das Instalações.

F. V.	G. L.	Quadrados Médios				
		IBUTG	TBS	UR	Amônia	R _{cont.} #
E	1	1108,694**	682,097**	8785,855**	1594,713**	228,980**
G	3	117,202**	109,963**	1160,617**	64,967	195,749**
A	1	0,035	0,090	1,695	41,026	0,000
H	5	159,714**	434,881**	6424,815**	2088,335**	190,247**
E x G	3	51,484**	91,389**	4882,832**	556,693**	71,502**
E x A	1	0,035	0,090	1,695	43,013	0,000
E x H	5	4,043*	14,898**	55,005	475,670**	7,129
G x A	3	0,035	0,090	1,695	19,082	0,000
G x H	15	14,065**	23,445**	272,635**	39,660	51,241**
A x H	5	0,003	0,014	0,355	7,276	0,000
E x G x A	3	0,035	0,090	1,695	23,029	0,000
E x G x H	15	2,809*	5,303**	56,497	45,525	29,944**
E x A x H	5	0,003	0,014	0,355	51,907	0,000
G x A x H	15	0,003	0,014	0,356	34,172	0,000
E x G x A x H	15	0,003	0,014	0,356	24,182	0,000
Erro	192	1,604	2,052	76,987	42,228	7,418
C. V.		6,11%	6,14%	12,43%	96,75%	4,06%

* Significativo a 5% de probabilidade.

** Significativo a 1% de probabilidade.

Medido somente na altura de 1,5 m, como explicitado no item 4.2.3.

Nota-se pela Figura 21 que a instalação da granja G1 apresentou a maior amplitude com os maiores e os menores valores de IBUTG entre os períodos de verão e inverno,

comportamento que pode ser atribuído, principalmente, às características do material de cobertura e ao número de animais por sala. Observa-se também que os valores mais altos de IBUTG ocorreram nos horários de maior calor (entre 13 e 17 horas).

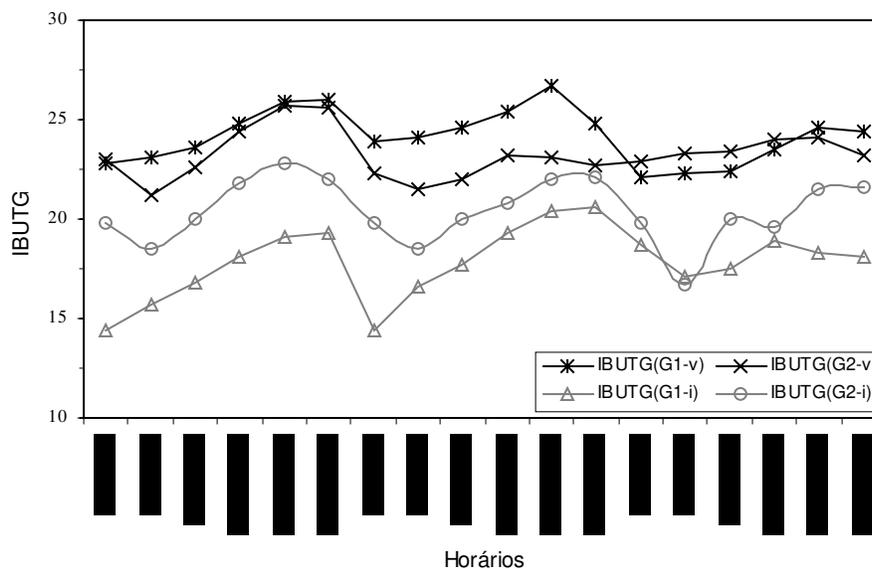


Figura 21. Valores médios do Índice de Bulbo Úmido Temperatura de Globo (IBUTG) nas instalações de creche (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).

Nota-se pela Figura 22 que a amplitude de IBUTG entre os períodos de verão e inverno foi menor em comparação às instalações para creche, fato que pode ser atribuído às características construtivas destas instalações (edificações mais abertas). A instalação da granja G1 apresentou os valores mais altos de IBUTG, tanto no verão como no inverno, devido principalmente às características do material de cobertura. Da mesma forma ao verificado nas instalações para creche, os valores mais altos de IBUTG ocorreram nos horários mais quentes (entre 13 e 17 horas).

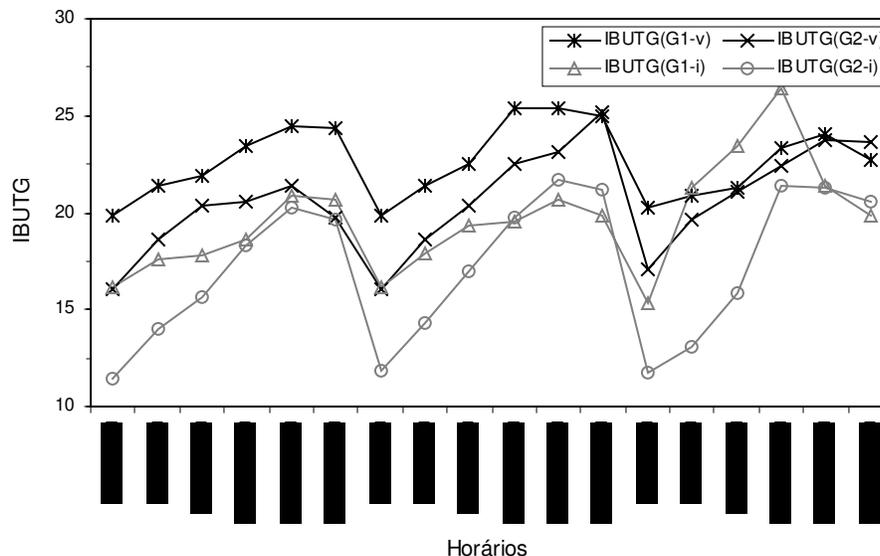


Figura 22. Valores médios do Índice de Bulbo Úmido Temperatura de Globo (IBUTG) nas instalações de terminação (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).

Os valores médios horários de IBUTG nas instalações para creche, durante o verão e o inverno e a análise de significância são mostrados na Tabela 17.

Tabela 17. Valores médios horários de IBUTG nas instalações de creche, no verão e inverno.

Horas	Verão		Inverno	
	G1	G2	G1	G2
7:00 - 8:00	22,9 a	22,7 a	15,8 a	19,8 b
8:30 - 9:30	23,2 a	22,0 a	16,4 a	17,9 a
9:30 - 10:30	23,7 a	22,6 a	17,3 a	19,9 a
11:30 - 12:30	24,6 a	23,8 a	18,7 a	20,7 a
14:30 - 15:30	25,7 a	24,6 a	19,2 a	22,1 b
16:00 - 17:00	25,2 a	23,8 a	19,3 a	21,9 a

Médias seguidas de, pelo menos uma mesma letra em cada linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Basicamente, não foram detectadas diferenças significativas entre as instalações de creche. No inverno, em apenas dois horários verificaram-se diferenças significativas, sendo que a instalação da granja G1 apresentou os menores valores de IBUTG, e isso pode ser atribuído às características térmicas do material de cobertura, principalmente. No aspecto de conforto térmico, pode-se afirmar que as duas instalações apresentam características semelhantes.

Os valores médios horários de IBUTG nas instalações para terminação, durante o verão e o inverno e a análise de significância são mostrados na Tabela 18.

Tabela 18. Valores médios horários de IBUTG nas instalações de terminação, no verão e inverno.

Horas	Verão		Inverno	
	G1	G2	G1	G2
7:00 - 8:00	20,0 a	16,4 b	15,8 a	11,7 b
8:30 - 9:30	21,2 a	18,9 a	18,9 a	13,8 b
9:30 - 10:30	21,9 a	20,6 a	20,2 a	16,1 b
11:30 - 12:30	24,0 a	21,9 a	21,5 a	19,8 a
14:30 - 15:30	24,6 a	22,7 a	20,9 a	21,0 a
16:00 - 17:00	24,0 a	22,8 a	20,1 a	20,4 a

Médias seguidas de, pelo menos uma mesma letra em cada linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Pode-se notar que, basicamente em todos os horários (H) durante o verão, não foram detectadas diferenças significativas entre as instalações (G), enquanto que no inverno principalmente no período da manhã, verificaram-se diferenças significativas, sendo que a instalação da granja G2 apresentou os menores valores de IBUTG, devido às características construtivas e térmicas do material de cobertura, principalmente.

Aos valores de IBUTG calculados com base nos dados experimentais, foram ajustadas equações de regressão, em função das observações horárias, com melhor ajuste do modelo cúbico, mostradas na Tabela 19.

Tabela 19. Equações de regressão para o conforto ambiental interno - IBUTG (\hat{Y}) em função das observações horárias (H) em cada estação: verão (v) e inverno (i) e em cada tratamento (T): creche e terminação.

P	T	Equação ajustada	R ²
v	Creche (G1)	$\hat{Y} = -229,24H^3 + 325,68H^2 - 139,95H + 41,88^{**}$	0,99
v	Creche (G2)	$\hat{Y} = -304,50H^3 + 443,78H^2 - 201,79H + 51,64^{**}$	0,94
v	<i>Term. (G1)</i>	$\hat{Y} = -208,07H^3 + 259,24H^2 - 85,28H + 27,65^{**}$	0,99
v	<i>Term. (G2)</i>	$\hat{Y} = 145,90H^3 - 285,42H^2 + 188,20H - 19,02^{**}$	0,99
i	Creche (G1)	$\hat{Y} = -94,84H^3 + 112,12H^2 - 28,31H + 16,52^{**}$	0,98
i	Creche (G2)	$\hat{Y} = -401,65H^3 + 603,30H^2 - 282,03H + 61,03^{**}$	0,85
i	<i>Term. (G1)</i>	$\hat{Y} = 153,37H^3 - 330,39H^2 + 221,37H - 25,74^{**}$	0,99
i	<i>Term. (G2)</i>	$\hat{Y} = -278,15H^3 + 318,05H^2 - 76,28H + 12,79^{**}$	0,99

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Pode-se notar na Tabela 19 que os coeficientes de determinação (R²) foram altos, indicando que houve uma boa correlação entre as variáveis.

Os gráficos do Anexo 6 mostram a configuração que caracteriza a adequação do modelo estatístico para o índice IBUTG.

Os valores médios de TBS e UR no decorrer dos três dias de medidas nas instalações de creche, para as condições de verão e inverno, são mostrados nas Figuras 23 e 24, respectivamente.

A Figura 23 mostra que, na maior parte do tempo, as temperaturas (TBS) estiveram dentro daquelas de termoneutralidade dos animais, como descrevem LEAL & NÄÄS (1992), HAHN et al. (1987) e ESMAY (1982).

Pela Figura 24, nota-se que a umidade relativa apresentou grande variação durante o dia, ficando evidenciado a baixa umidade registrada, principalmente no período de inverno, o que reduziu significativamente os valores de IBUTG.

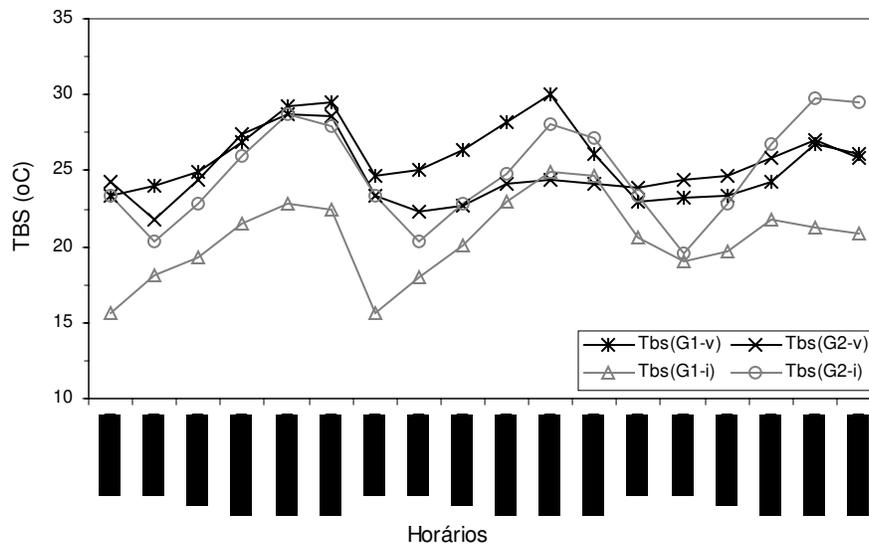


Figura 23. Valores médios da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) nas instalações de creche (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).

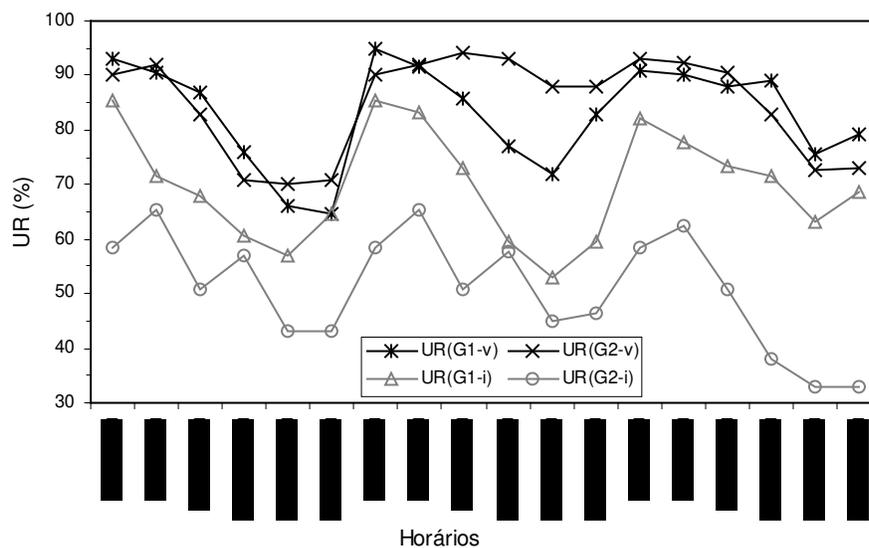


Figura 24. Valores médios da Umidade Relativa do Ar (UR) nas instalações de creche (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).

Os valores médios de TBS e UR no decorrer dos três dias de medidas nas instalações de terminação, para as condições de verão e inverno, são mostrados nas Figuras 25 e 26, respectivamente.

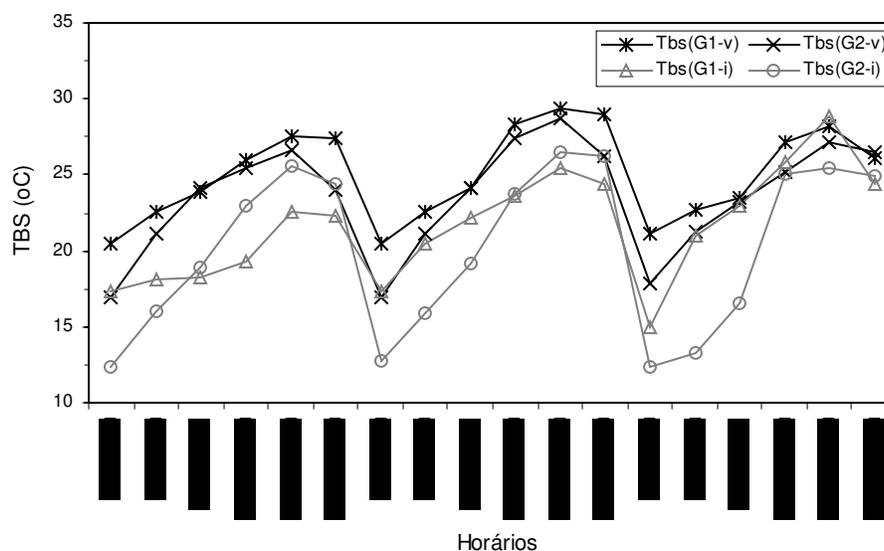


Figura 25. Valores médios da Temperatura de Bulbo Seco (TBS) nas instalações de terminação (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).

A Figura 25 mostra que com relação às medidas de TBS, na maior parte do tempo, estas temperaturas estiveram dentro daqueles de termoneutralidade dos animais, como descrevem LEAL & NÄÄS (1992), HAHN et al. (1987) e ESMAY (1982).

Pela Figura 26, nota-se que a umidade relativa apresentou grande variação durante o dia, ficando evidenciado a baixa umidade registrada, principalmente no período de inverno, o que reduziu significativamente os valores de IBUTG.

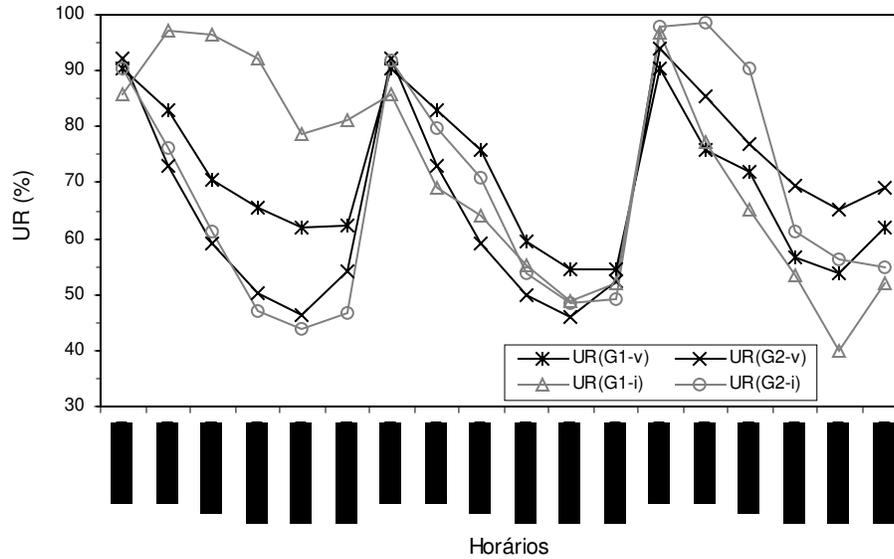


Figura 26. Valores médios da Umidade Relativa do Ar (UR) nas instalações de terminação (granjas G1 e G2), em função das observações horárias, no verão (v) e inverno (i).

O comportamento da velocidade do vento interno nas instalações de creche é mostrado na Figura 27, assim como os intervalos de vento externo.

Nota-se que tanto nos períodos de verão como nos períodos de inverno, a velocidade predominante do vento interno foi inferior a $1,0 \text{ m.s}^{-1}$, e em grande parte do tempo nula, sendo a máxima ocorrida no período de $2,56 \text{ m.s}^{-1}$. Observa-se que a velocidade do vento interno foi superior ao externo algumas vezes, o que ocorreu devido às barreiras ao seu deslocamento impostas pela construção.

O comportamento da velocidade do vento interno nas instalações de terminação é mostrado na Figura 28, assim como os intervalos de vento externo.

Nota-se que tanto nos períodos de verão como nos períodos de inverno, a velocidade predominante do vento interno foi inferior a $1,0 \text{ m.s}^{-1}$, sendo o vento máximo ocorrido no período de $1,55 \text{ m.s}^{-1}$. Observa-se que a velocidade do vento interno foi superior ao externo algumas vezes, o que ocorreu devido às barreiras ao seu deslocamento impostas pela construção.

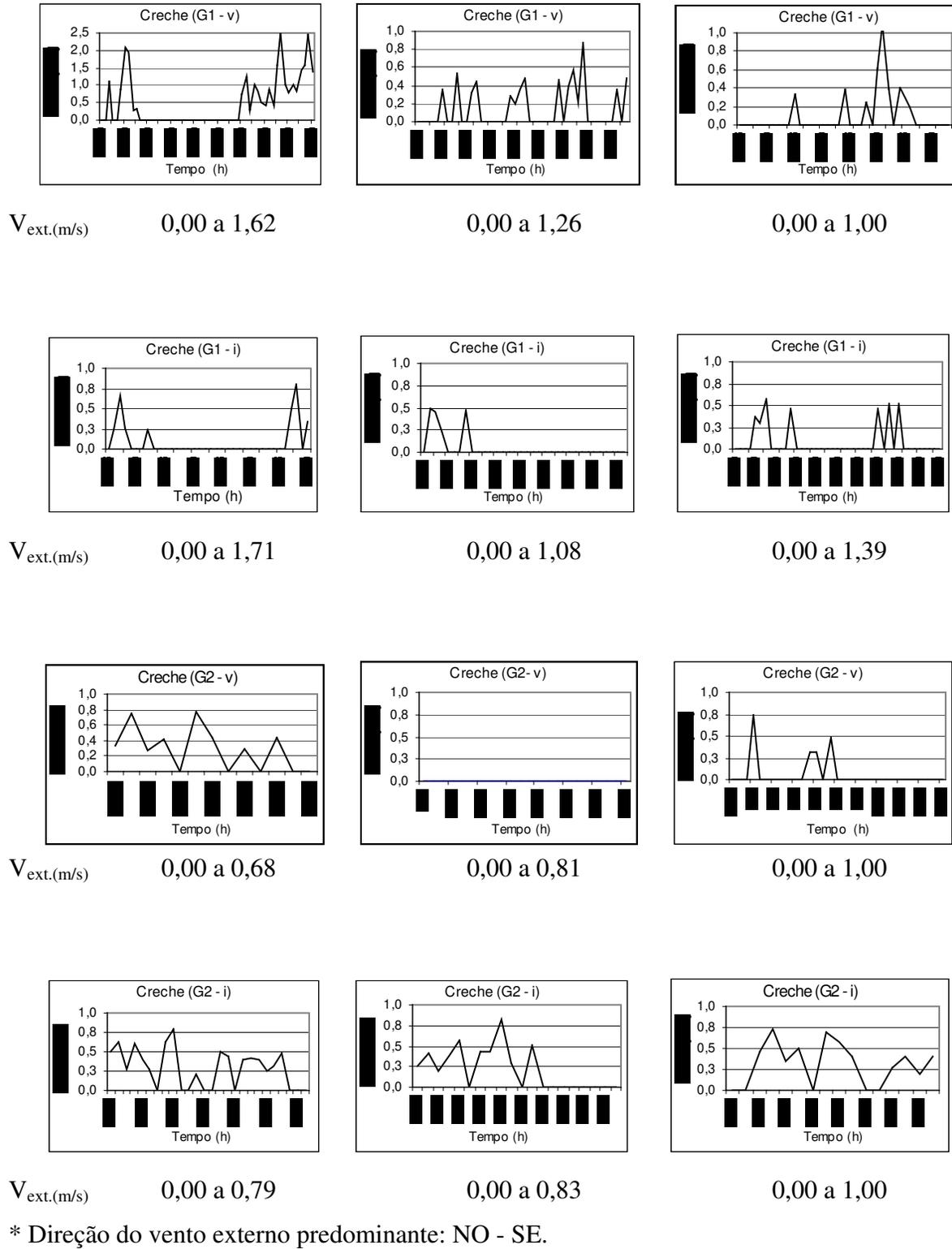
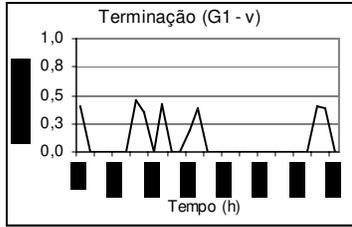
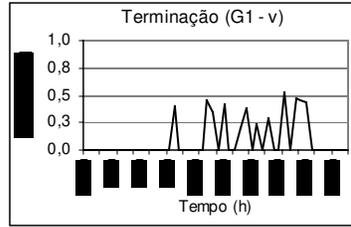


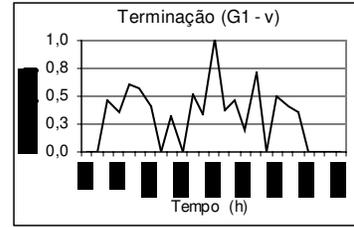
Figura 27. Velocidade do vento interno nas instalações para creche.



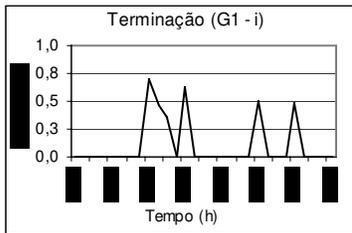
$V_{ext.}(m/s)$ 0,00 a 1,47



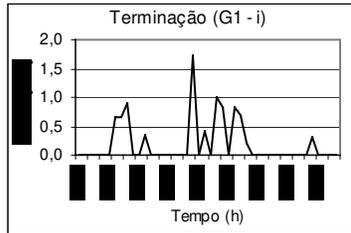
0,00 a 1,34



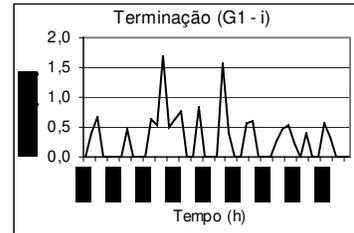
0,00 a 2,14



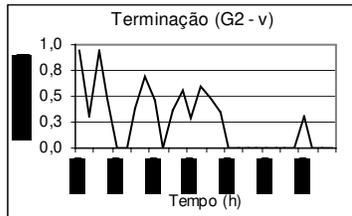
$V_{ext.}(m/s)$ 0,00 a 2,21



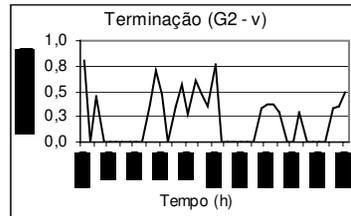
0,00 a 2,77



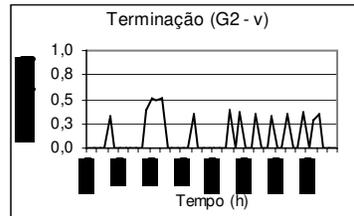
0,00 a 1,19



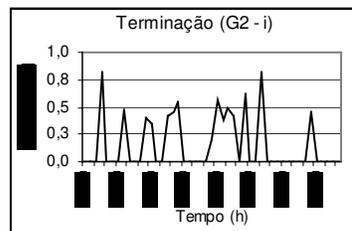
$V_{ext.}(m/s)$ 0,00 a 1,54



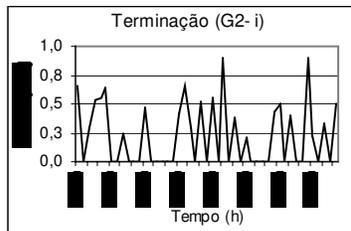
0,00 a 0,65



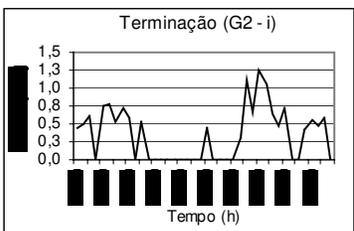
0,00 a 0,65



$V_{ext.}(m/s)$ 0,00 a 1,64



0,00 a 0,91



0,00 a 1,80

* Direção do vento externo predominante: NO - SE.

Figura 28. Velocidade do vento interno nas instalações para terminação.

5.1.2. Concentração de Sulfeto de Hidrogênio (H₂S), Metano (CH₄), Monóxido de Carbono (CO), Oxigênio (O₂) e de Amônia (NH₃)

As concentrações médias de sulfeto de hidrogênio (H₂S), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) e oxigênio (O₂) nas instalações para creche e terminação de suínos das granjas G1, G2 e G3, são mostradas na Tabela 20.

Tabela 20. Concentração média de sulfeto de hidrogênio (H₂S), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) e oxigênio (O₂) nas instalações para creche e terminação de suínos das granjas G1, G2 e G3.

Gases	Horários/Concentração					
	7:00 - 8:00	8:30 - 9:30	9:30 - 10:30	11:30 - 12:30	14:30 - 15:30	16:00 - 17:00
H ₂ S (ppm)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
CO (ppm)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
CH ₄ (%)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
O ₂ (%)	21	21	21	21	21	21

Obs. Não foi medida a velocidade do vento na granja G3.

As concentrações de H₂S medidas foram inferiores a 1 ppm, correspondendo ao limite de resolução do instrumento de medida, não se revelando problemas em instalações abertas como verificaram também CHANG et al. (2001), e estas concentrações foram inferiores quando comparadas com as obtidas em instalações fechadas (NI et al. 2002; PICKRELL, 1995; LARRY et al., 1994 e CURTIS, 1983).

Da mesma maneira que o encontrado para H₂S, as concentrações de CO foram inferiores a 1 ppm e inferior a 0,1% de CH₄ em volume na mistura com o ar, correspondendo ao limite de resolução do instrumento de medida e estando de acordo com o que descrevem NI et al. (2002), GUSTAFSSON (1997), PICKRELL (1991), BENEDI (1986) e LE DIVIDICH (1982).

As concentrações médias de H₂S, CH₄ e de CO estão dentro dos limites recomendados pela CIGR (1994) para os animais e dos limites recomendados pelas ACGIH (2001) e NR-15 (1978) para o trabalhador.

Os valores de O₂ se mantiveram constantes no patamar de 21%, situando-se dentro da condição de salubridade. A presença de O₂ em nível adequado pode ser considerado um indicativo de que não há risco nos ambientes quanto à presença dos gases asfixiantes (CH₄ e CO₂), os quais deslocam o oxigênio conforme descrevem SALIBA & CORRÊA (2000) e CARY et al. (1996).

Na Tabela 16 observa-se que a estação do ano (E) e o horário (H) tiveram influência significativa sobre os valores obtidos para a concentração de amônia. Como a interação dupla foi significativa sobre o valor resultante, isso mostra que as duas variáveis (E e H) agem em conjunto, verificando-se também a interação entre estação do ano (E) *versus* tipo de instalação (G). O alto coeficiente de variação (C.V.) indica que muitas outras variáveis além dessas estudadas influenciaram no teor de amônia no ambiente das instalações.

Os teores médios de amônia (NH₃) a 1,5 m do piso e ao nível dos animais (AA) nas instalações de creche das granjas G1 e G2 e a análise de significância, são mostrados na Tabela 21.

Tabela 21. Valores médios de amônia (NH₃) nas instalações de creche, para as condições de verão e inverno.

Altura	Horários/Concentração, ppm											
	7:00 - 8:00		8:30 - 9:30		9:30 - 10:30		11:30 - 12:30		14:30 - 15:30		16:00 - 17:00	
1,5/AA (G1)	0,5 _c	7,6 _{bc}	0,5 _c	8,1 _{bc}	0,9 _c	4,1 _c	2,7 _c	6,7 _{bc}	7,9 _{bc}	20,2 _{ab}	12,2 _{bc}	26,0 _a
1,5/AA (G2)	6,4 _{bc}	0,5 _c	7,0 _{bc}	0,5 _c	8,0 _{bc}	0,9 _c	4,0 _c	2,9 _c	10,3 _{bc}	8,5 _{bc}	13,3 _{bc}	14,1 _{bc}
T _{méd.} (°C)	23,0	19,0	23,5	19,0	24,5	23,0	25,0	24,0	27,0	26,0	26,5	24,5
UR _{méd.} (%)	92,0	80,0	90,5	74,0	88,0	60,0	81,0	57,0	72,5	59,0	75,5	52,0

- Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

- Verão = valores à esquerda; Inverno = valores à direita.

Nota-se que não houve diferença significativa na concentração de NH_3 para as condições de verão, mas esta diferença foi significativa para as condições de inverno.

A Figura 29 mostra a representação gráfica dos dados listados na Tabela 21. Pode-se verificar que os teores de NH_3 foram mais altos no inverno, resultados obtidos também por SCHMIDT et al. (2002), KRISTENSEN & WATHES (2001) e BUSSE (1993), devido principalmente às condições de clima local e ao manejo de inverno. Percebe-se também que o teor de NH_3 oscilou significativamente durante o dia (SCHMIDT et al., 2002 e CHANG et al., 2001), havendo um aumento no período da tarde, coincidindo com as horas mais quentes do dia, como mostra a Figura 30, situação resultante do acúmulo de dejetos e conseqüentemente, da maior atividade de microorganismos (CIGR, 1994; LARRY et al., 1994 e TAIGANIDES & WHITE, 1969).

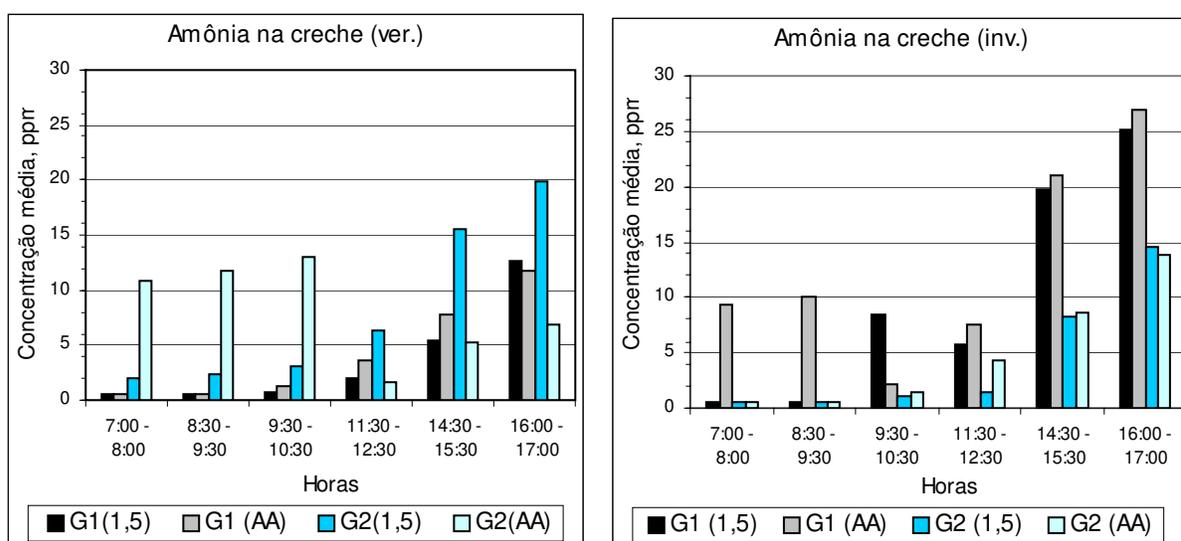


Figura 29. Teor de NH_3 nas instalações para creche, para as condições de verão e inverno.

Nota-se pela Figura 29 que os teores de NH_3 para as condições de verão foram mais altos, na maior parte do tempo, na granja G2 (51,95 kg/m^2 piso correspondente a 140 animais com peso médio (p.m.) de 22,73 kg) do que na granja G1 (31,62 kg/m^2 piso correspondente a 360 animais com p.m. de 15,20 kg), fato resultante principalmente pela tipologia da instalação, enquanto que para as condições de inverno, os teores de NH_3 foram mais altos na granja G1 (38,39 kg/m^2 piso correspondente a 360 animais com p.m. de 17,70 kg) do que na granja G2

(46,31 kg/m² piso correspondente a 140 animais com p.m. de 20,26 kg), basicamente em todos os horários, condição resultante principalmente do manejo das cortinas para aquecimento do ar interno. Este é um caso típico relacionado à falta de atenção para a questão da ventilação sanitária nas instalações de creche, onde o receio do excesso de frio sobre os suínos jovens leva à quase ausência de ventilação mínima sanitária e, conseqüentemente, a teores mais altos de NH₃. Estes resultados mostram também que o teor de NH₃ está mais relacionado ao volume e à circulação de ar no interior das instalações, ao manejo dos dejetos e da cortina, à tipologia da construção e às condições de clima local do que basicamente da lotação e da densidade de massa.

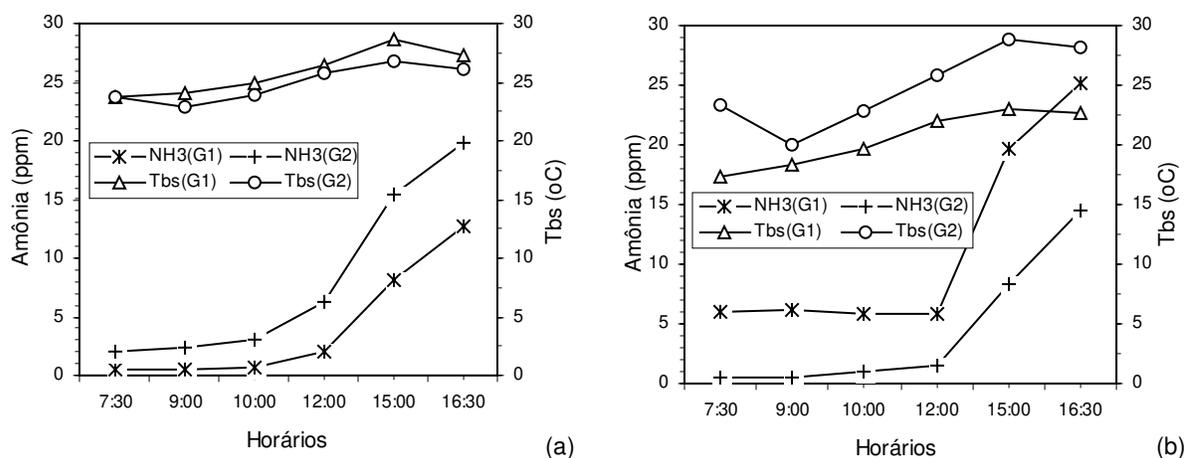


Figura 30. Comportamento de NH₃ e de TBS no ambiente interno das instalações de creche entre 7:30 e 16:30 horas, para as condições de verão (a) e de inverno (b).

Os teores médios de NH₃, na maior parte do tempo, não superaram o valor de 20 ppm, que começa a afetar o desempenho dos suínos jovens (CIGR, 1994), porém este limite apontado como prejudicial, foi excedido em alguns horários da tarde e, principalmente, no inverno. A mesma análise pode ser feita no aspecto de salubridade, em que teores a partir de 20 ppm começam a ser prejudiciais ao ser humano (NR-15, 1978).

Os teores médios de amônia (NH₃) a 1,5 m do piso e ao nível dos animais (AA) nas instalações de terminação das granjas G1 e G2 e a análise de significância, são mostrados na Tabela 22.

Tabela 22. Valores médios de amônia (NH₃) nas instalações de terminação, para as condições de verão e inverno.

Altura	Horários/Concentração, ppm											
	7:00 - 8:00		8:30 - 9:30		9:30 - 10:30		11:30 - 12:30		14:30 - 15:30		16:00 - 17:00	
1,5/AA (G1)	0,5d	0,5d	0,5d	0,5d	0,5d	1,2d	1,2d	7,0bcd	7,0bcd	20,5abc	8,2bcd	28,1a
1,5/AA (G2)	0,5d	0,5d	0,5d	0,5d	0,5d	1,2d	0,7d	5,6d	4,2d	21,5ab	6,6cd	30,3a
T _{méd.} (°C)	23,0	19,5	23,5	19,0	24,5	22,5	25,0	23,8	27,0	26,0	26,5	25,3
UR _{méd.} (%)	92,0	80,0	90,5	74,0	88,0	60,0	81,5	57,0	72,5	46,5	75,5	52,5

- Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.
 - Verão = valores à esquerda; Inverno = valores à direita.

Nota-se que houve diferença significativa na concentração de NH₃ entre os horários para as condições de verão e inverno.

A Figura 31 mostra a representação gráfica dos dados listados na Tabela 22. Pode-se verificar que o teor de NH₃ foi mais alto no inverno, resultados obtidos também por SCHMIDT et al. (2002), KRISTENSEN & WATHES (2001) e BUSSE (1993), devido principalmente às condições de clima local e ao manejo de inverno.

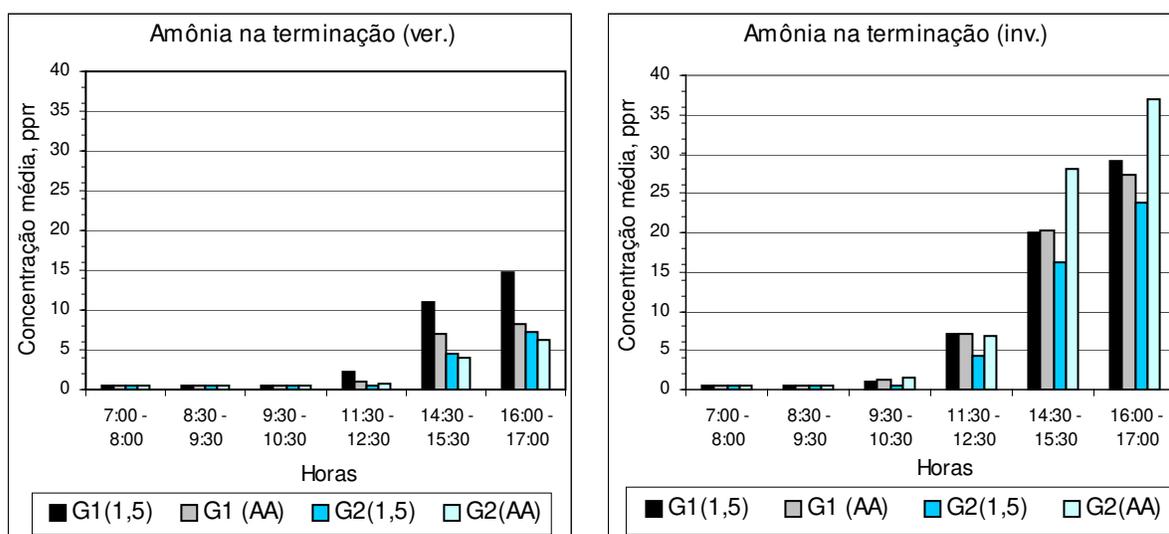


Figura 31. Teor de NH₃ nas instalações para terminação, nas condições de verão e inverno.

Nota-se pela Figura 31 que os teores de NH_3 no verão nas granjas G1 (46,29 kg/m^2 piso correspondente a 1.600 animais com peso médio (p.m.) de 75,0 kg) e G2 (58,49 kg/m^2 piso correspondente a 1.175 animais com p.m. de 70,0 kg) não foram muito diferentes, embora houvesse uma maior concentração na granja G1, e isto pode estar relacionada à existência de lâmina d'água na granja G2 e com maior presença dos animais neste local para defecar e urinar. Para as condições de inverno, as concentrações nas granjas G1 (43,21 kg/m^2 piso correspondente a 950 animais com p.m. de 70,0 kg) e G2 (47,28 kg/m^2 piso correspondente a 950 animais com p.m. de 70,0 kg) também não foram muito diferentes, embora houvesse uma maior concentração na granja G2, e neste caso, pode estar relacionado a uma menor presença dos animais na lâmina d'água. Pode-se verificar também que os teores do gás entre as alturas não apresentaram grandes variações, de maneira contrária como ocorrido na creche, fato resultante das características construtivas destas instalações.

Percebe-se que o teor de NH_3 oscilou significativamente durante o dia, conforme constataram também SCHMIDT et al. (2002) e CHANG et al. (2001), havendo um aumento no período da tarde, coincidindo com as horas mais quentes do dia, como mostra a Figura 32, situação resultante do acúmulo de dejetos e conseqüentemente, da maior atividade de microorganismos (CIGR, 1994; LARRY et al., 1994 e TAIGANIDES & WHITE, 1969). Este comportamento também ocorreu nas instalações para creche.

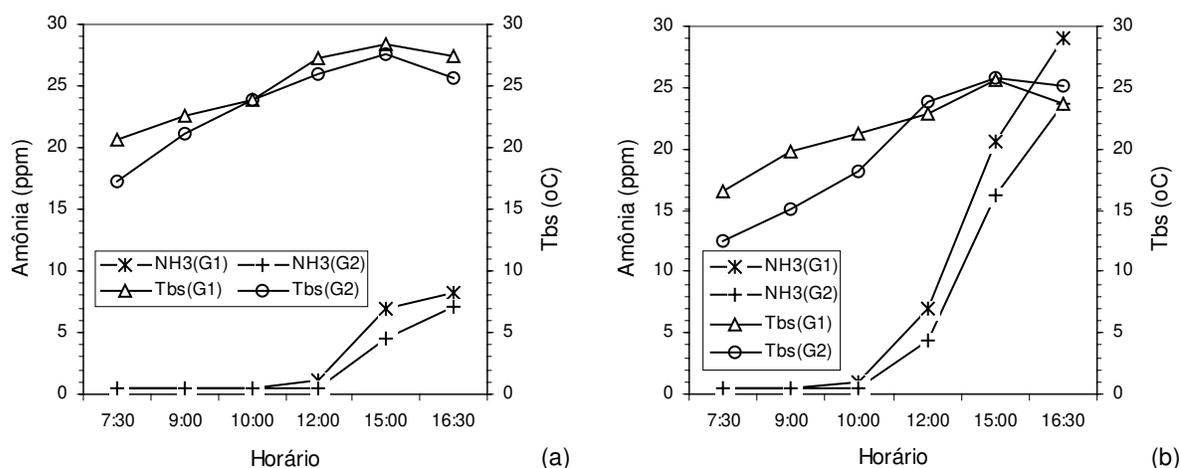


Figura 32. Comportamento de NH_3 e de TBS no ambiente interno das instalações de terminação entre 7:30 e 16:30 horas, nas condições de verão (a) e de inverno (b).

Os teores médios de NH₃ no verão não superaram 20 ppm, que começa a afetar o desempenho dos suínos (CIGR, 1994), porém este limite apontado como prejudicial, foi excedido em alguns horários da tarde e basicamente no inverno. A mesma análise pode ser feita no aspecto de salubridade, em que teores a partir de 20 ppm começam a ser prejudiciais ao ser humano (NR-15, 1978).

A análise das Tabelas 21 e 22 e das Figuras 29 e 31 revela a necessidade de se melhorar/manejar corretamente a qualidade do ar através da ventilação, dando maior atenção principalmente nos horários mais quentes, já que a concentração de NH₃ nestes horários encontra-se superior às recomendadas em diversos estudos.

Aos valores do teor de NH₃ calculados com base nos dados experimentais, foram ajustadas equações de regressão, em função das observações horárias, com melhor ajuste do modelo exponencial, mostrado na Tabela 23.

Tabela 23. Equações de regressão para o teor de amônia (\hat{Y}) em função das observações horárias (H) em cada estação: verão (v) e inverno (i) e em cada tratamento (T): creche e terminação.

P	T	Equação ajustada (entre 7:30 às 16:30 horas)	R ²
v	Creche (G1)	$\hat{Y} = 0,016e^{9,67H} **$	0,96
v	Creche (G2)	$\hat{Y} = 0,214e^{6,67H} **$	0,98
v	Term. (G1)	$\hat{Y} = 0,147e^{0,65H} **$	0,92
v	Term. (G2)	$\hat{Y} = 0,153e^{0,57H} **$	0,70
i	Creche (G1)	$\hat{Y} = 1,193e^{4,21H} **$	0,81
i	Creche (G2)	$\hat{Y} = 0,017e^{9,65H} **$	0,96
i	Term. (G1)	$\hat{Y} = 0,113e^{0,95H} **$	0,92
i	Term. (G2)	$\hat{Y} = 0,100e^{0,91H} **$	0,87

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Pode-se notar na Tabela 23 que os coeficientes de determinação (R²) foram altos, indicando que houve uma boa correlação entre as variáveis. Os gráficos do Anexo 6 mostram a configuração que caracterizam adequação do modelo estatístico para Amônia (NH₃).

5.1.3. Poeira

As concentrações de poeiras a 1,5 m do piso nas instalações para creche e terminação de suínos situadas nas granjas G1 e G2, para as condições de verão e inverno, são mostradas na Tabela 24.

Tabela 24. Concentração de poeira total (Pt) e de poeira respirável (Pr).

Fase		Poeira (mg.m ⁻³)			
		Verão		Inverno	
		Pt	Pr	Pt	Pr
Granja - G1	<u>Creche</u>				
	Concentração	< 9,16	< 3,67	< 4,17	< 1,47
	Horas de máxima	15 - 16		14 - 16	
	Nº medidas	12		7	
	UR _m (%); T _m (°C); V _(m.s-1)	66; 29,1; < 2,56		65,6; 21,3; < 0,58	
	<u>Terminação</u>				
	Concentração	< 3,33	< 0,74	< 3,33	< 0,74
	Horas de máxima	12 - 14		12 - 14	09 - 10
	Nº medidas	6		6	
	UR _m (%); T _m (°C); V _(m.s-1)	53,5; 27,7; <1,00		71; 22; <1,69	
Granja - G2	<u>Creche</u>				
	Concentração	< 4,17	< 0,74	< 4,17	< 2,94
	Horas de máxima	12 - 14		15 - 16	
	Nº medidas	6		8	
	UR _m (%); T _m (°C); V _(m.s-1)	78,2; 26,2; <0,75		31,7; 29,8; <0,83	
	<u>Terminação</u>				
	Concentração	< 2,50	< 0,74	< 3,34	< 1,47
	Horas de máxima	15 - 16		09 - 10	
	Nº medidas	5		6	
	UR _m (%); T _m (°C); V _(m.s-1)	90,2; 27,6; < 0,80		92,7; 15,7; < 1,26	

A amostra de poeira analisada pelo Laboratório de Análises Químicas - T&E Analítica, Campinas-SP (laudo no Anexo 5) teve como resultado uma concentração de poeira total inferior a 0,08 mg/m³.

Nota-se pela Tabela 24 que as concentrações de poeira tiveram larga variação durante o dia e no período do ano (SCHMIDT et al., 2002 e HEBER et al., 1988), sendo que concentrações mais altas ocorreram na creche, resultados que estão de acordo com os obtidos pelos seguintes pesquisadores: CHANG et al. (2001), GUINGAND (1999) e ATTWOOD et al. (1987), cujos valores são justificados, principalmente, pela densidade populacional, idade e alta atividade dos animais. Estes valores podem ser relacionados também às características construtivas das instalações para creche e ao manejo ambiental, pelo uso com mais frequência da cortina para controle térmico ambiental e, conseqüentemente, com menor ventilação natural interna, ao contrário das instalações para terminação, que são mais abertas além de outras particularidades construtivas, fatores que contribuíram para concentrações mais baixas do particulado nestas instalações.

Embora a velocidade do vento tenha sido, na maior parte, próximo de zero, como pode constatar nas Figuras 27 e 28, coincidentemente, as maiores concentrações de poeira ocorreram nos dias de maior velocidades do vento, fato que pode estar relacionado a uma maior dispersão e captação pela bomba de partículas retidas principalmente nas estruturas das instalações, como vigas, telhas, cortina, etc.

A Figura 33 mostra a representação gráfica dos valores listados na Tabela 24.

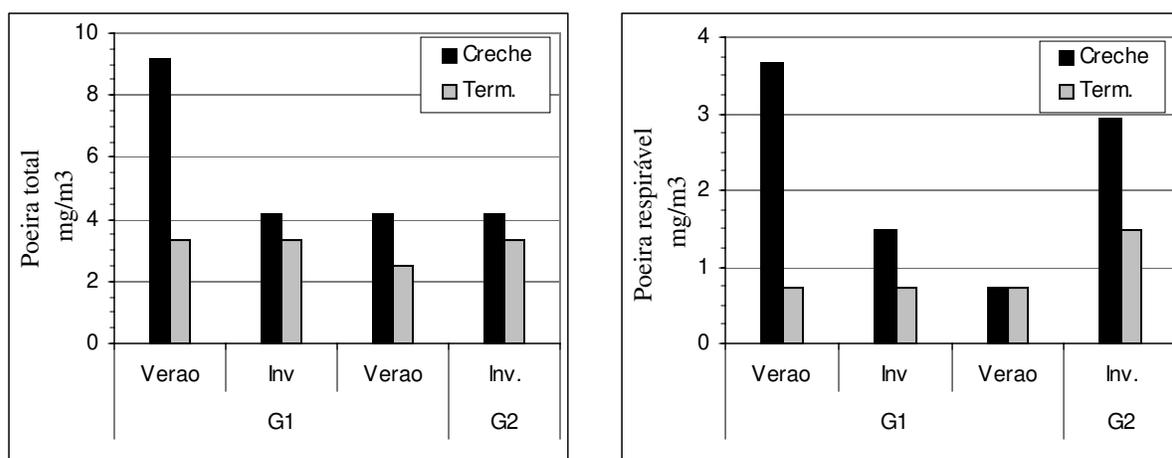


Figura 33. Concentração de poeira nas instalações de creche e terminação de suínos.

Nota-se que concentrações mais altas ocorreram na creche da granja G1, situação que pode estar relacionada principalmente ao maior número de animais na sala e às características construtivas da instalação, enquanto que na terminação não se constataram grandes diferenças. A Figura 31 mostra também que as concentrações de poeira obtidas nas instalações para creche e terminação avaliadas quando comparadas com as concentrações indicadas em instalações de tipologia fechadas, foram mais baixas, conforme estudos realizados por CHANG et al. (2001) e PICKRELL (1995).

Verifica-se que as concentrações de poeira total e respirável não superaram os limites estabelecidos pelas normas (NIOSH, 1994 e ACGIH, 2001), podendo considerar o ambiente salubre. Sob o ponto de vista de saúde ocupacional, a poeira respirável é mais importante, pois avaliam as partículas de diâmetro até 10 μm , aquelas que realmente penetram nos pulmões.

5.1.4. Ruído

A Figura 34 mostra a evolução do ruído de fundo medido e pode-se verificar que a diferença entre os ruídos contínuos e de fundo estão na faixa de 10 dB, não mascarando o sinal de interesse, que é o ruído produzido pelos animais, conforme descreve GERGES (1992).

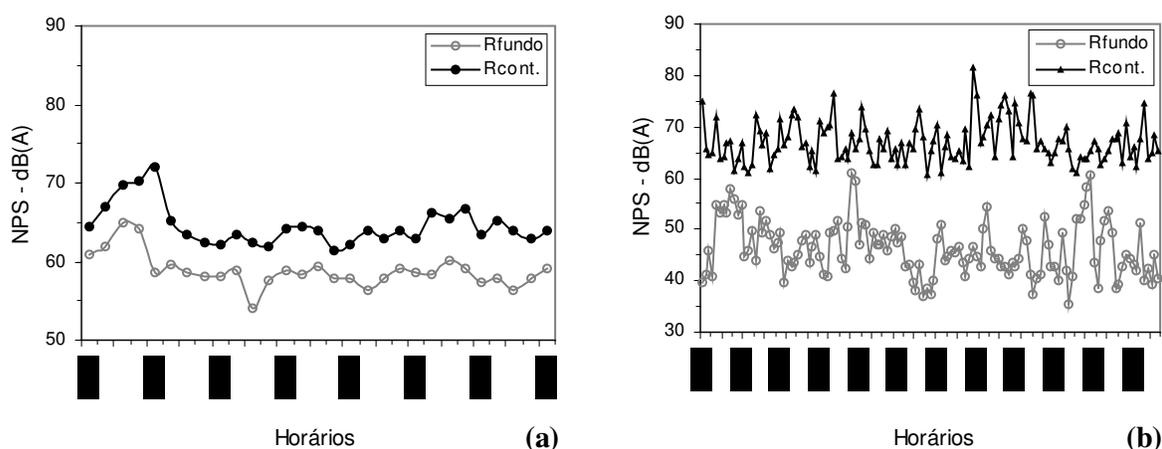


Figura 34. Ruído de fundo *versus* ruído contínuo em sala para creche (a) e no galpão para terminação (b) de suínos.

As Figuras 35 e 36 mostram a evolução dos ruídos de impacto e de pico nas instalações de creche, para as condições de verão e inverno, respectivamente.

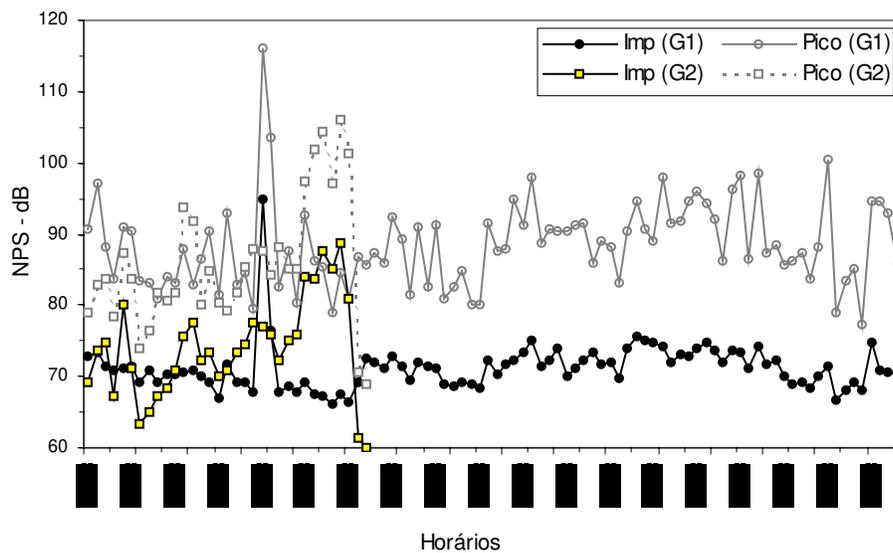


Figura 35. Ruído de impacto e de pico em creche de suínos nas condições de verão.

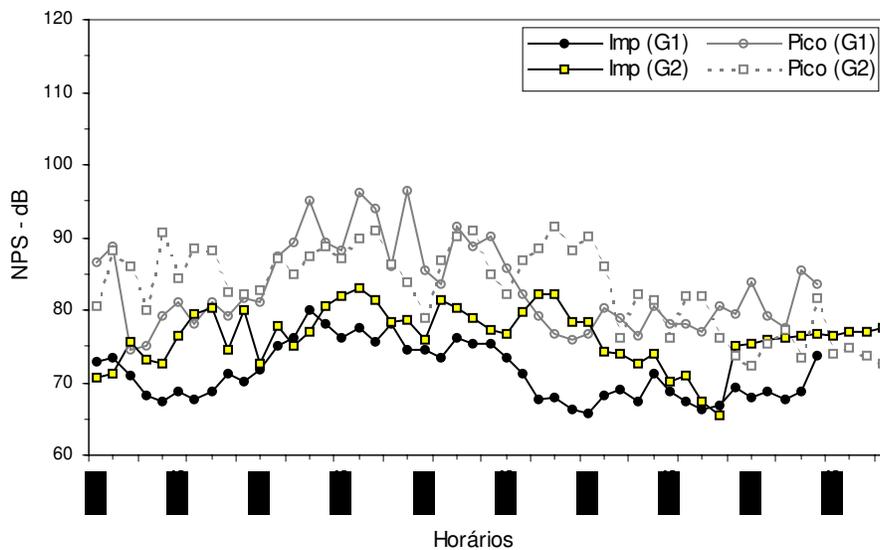


Figura 36. Ruído de impacto e de pico em creche de suínos nas condições de inverno.

Pode-se verificar que o ruído de impacto ficou abaixo do limite estabelecido pela NR-15 (1978) que é de 130 dB (linear). O ruído de pico também não ultrapassou o mesmo limite. Os valores destes ruídos oscilaram significativamente durante o dia, com tendência de serem em níveis mais elevados no verão e de se acompanhar as condições de conforto térmico nas instalações.

Nas Figuras 37 e 38 encontra-se a evolução dos ruídos de impacto e de pico nas instalações de terminação, para as condições de verão e inverno, respectivamente.

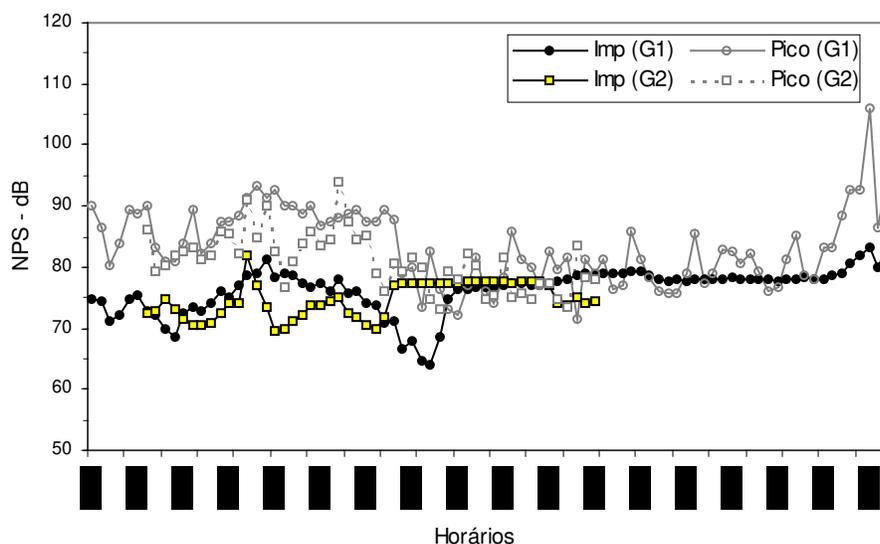


Figura 37. Ruído de impacto e de pico em terminação de suínos nas condições de verão.

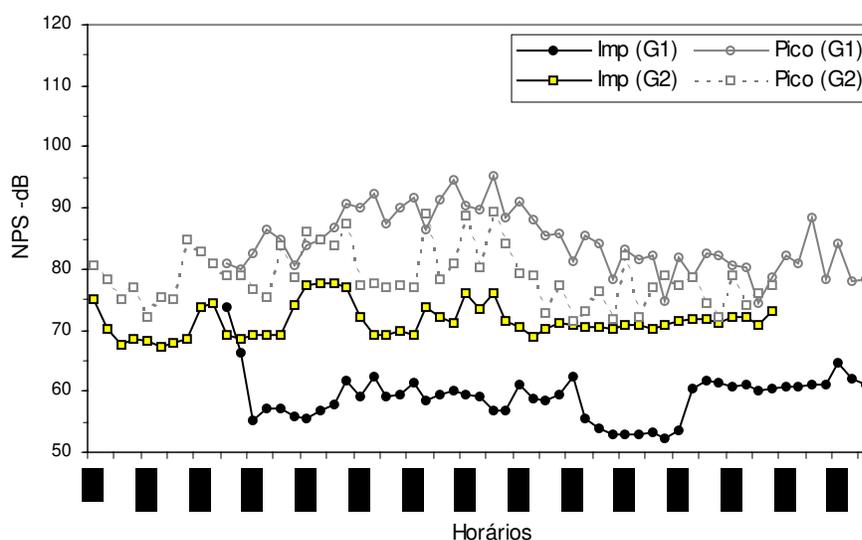


Figura 38. Ruído de impacto e de pico em terminação de suínos nas condições de inverno.

Como observado na creche, o ruído de impacto ficou abaixo do limite estabelecido pela NR-15 (1978) e o ruído de pico também não ultrapassou o mesmo limite. Os valores destes ruídos oscilaram significativamente durante o dia, com tendência de estarem em níveis mais elevados no verão e de se acompanhar as condições de conforto térmico nas instalações.

Na Tabela 16 observa-se que a estação do ano (E), o tipo de instalação (G) e o horário (H) tiveram influência significativa sobre os valores obtidos para Ruído. Como a interação tripla foi significativa sobre o valor resultante de Ruído, isso mostra que as três variáveis (E, G e H) agem em conjunto. O baixo coeficiente de variação (C.V.) indica que o experimento foi conduzido de forma satisfatória no estudo desta variável e que além dos fatores estudados, poucos outros afetaram o resultado obtido para o Ruído no interior das instalações.

O nível de ruído a 1,5 m do piso nas instalações de creche e terminação das granjas G1 e G2 e a análise de significância são mostrados na Tabela 25.

Tabela 25. Valores médios de ruído contínuo (Leq) nas instalações de creche e terminação, para as condições de verão e inverno.

Altura	Horários/Ruído, dB											
	7:00 - 8:00		8:30 - 9:30		9:30 - 10:30		11:30 - 12:30		14:30 - 15:30		16:00 - 17:00	
<u>Creche</u>												
1,5 (G1)	66,7abc		66,3bcd		64,5bcd		61,0d		68,8ab		67,0abc	
	67,4abc		68,6abc		66,1bcd		62,2d		68,0abc		67,1abc	
1,5 (G2)	63,1bcd		63,6bcd		63,7bcd		65,0bcd		68,2abc		72,2a	
	65,7bc		61,7d		63,7bcd		63,0cd		67,3abc		65,0bcd	
<u>Terminação</u>												
1,5 (G1)	73,3ab		70,7bc		67,5cde		64,5def		70,4bc		70,3bc	
	69,2bcd		68,9bcd		68,4bcd		62,6ef		66,2cdef		66,0cdef	
1,5 (G2)	70,4bc		77,9a		70,8bc		67,4cde		68,0bcde		69,1bcd	
	68,6bcd		70,4bc		61,3f		62,6ef		68,6bcd		68,9bcd	
T _{méd.} (°C)	23,0	19,5	23,5	19,0	24,5	22,5	25,0	23,8	27,0	26,0	26,5	25,3
UR _{méd.} (%)	92,0	80,0	90,5	74,0	88,0	60,0	81,5	57,0	72,5	46,5	75,5	52,5

- Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

- Verão = valores acima; Inverno = valores abaixo.

Nota-se haver poucas medidas que diferem significativamente com relação ao nível de ruído contínuo entre os horários e entre as estações. O que se percebe é de que os menores valores de ruídos acontecem nos horários intermediários e os maiores valores nos horários extremos.

A Figura 39 mostra a evolução do ruído contínuo (Leq) nas instalações de creche, a partir dos dados da Tabela 25.

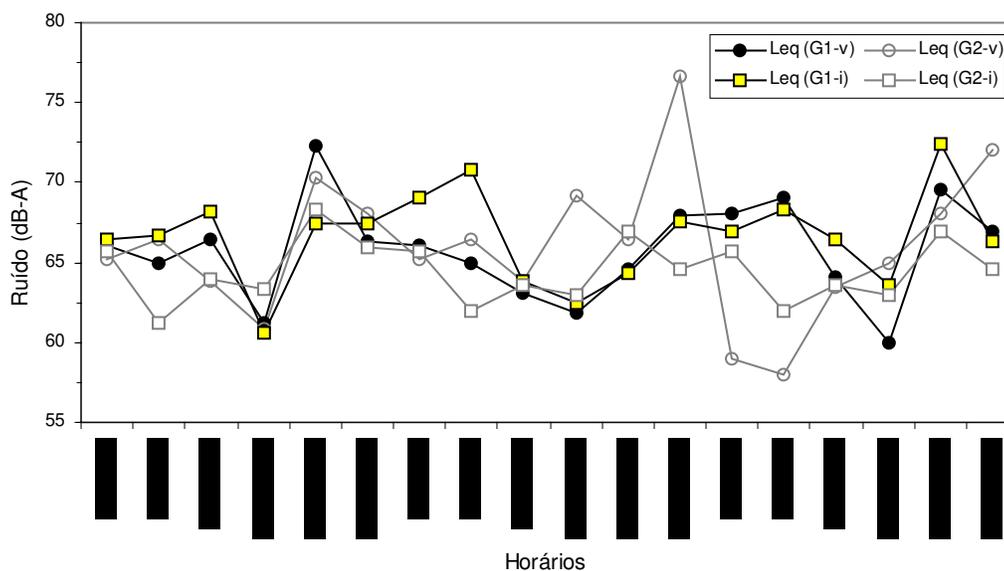


Figura 39. Ruído contínuo nas instalações para creche de suínos, no verão (v) e inverno (i).

Pode-se perceber que não há diferenças pronunciadas, fato possivelmente relacionado aos aspectos de manejo da criação, que possuem várias características semelhantes nas granjas G1 e G2. Pode-se notar a tendência de ocorrer ruído mais intenso nas horas de maior calor interno nas instalações e, como observado para o ruído de impacto, o ruído contínuo se manteve nos limites recomendados pelas normas NR-15 (1978), podendo-se considerar o ambiente salubre.

A Figura 40 mostra a evolução do ruído contínuo (Leq) nas instalações de terminação, podendo-se notar a tendência do ruído ser mais elevado nas condições de verão.

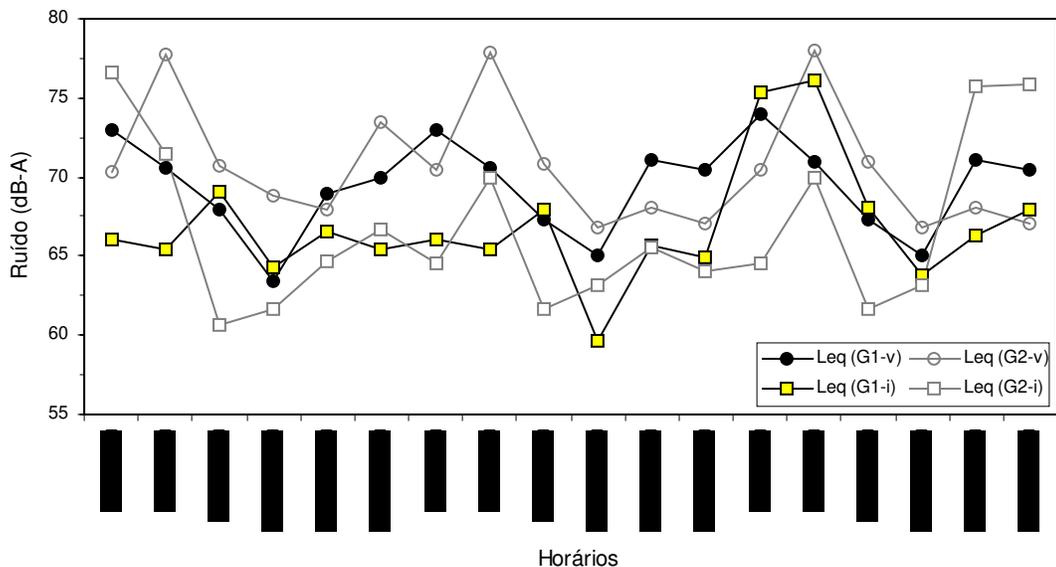


Figura 40. Ruído contínuo nas instalações para terminação de suínos, no verão (v) e inverno (i).

Uma análise de comparação do comportamento do ruído nestas instalações torna-se difícil nas condições em que se mostram os resultados, embora percebe ruídos pouco mais elevados na granja G2 e isto pode estar relacionado principalmente às características construtivas da instalação, ocasionando maior nível de pressão sonora (NPS) devido à existência de paredes, ou seja, o ambiente exerce influência na pressão acústica pela introdução de absorção e reflexões.

Da mesma maneira que o encontrado para ruído de impacto, o ruído contínuo se manteve nos limites recomendados pelas normas NR-15 (1978), podendo considerar o ambiente salubre.

A análise das Figuras de 35 a 40 mostra que os níveis de ruídos contínuos estão dentro dos limites recomendados pelas normas, porém os valores de ruído de pico, que estão acima de 85 dB e até superior a 100 dB, alertam para uma atenção e prevenção dos trabalhadores envolvidos nestas atividades, muito embora que as normas não fazem referências específicas a estes ruídos.

Os gráficos do Anexo 6 mostram a configuração que caracterizam adequação do modelo estatístico para ruído contínuo.

5.2. Avaliação do Ambiente Térmico e do Ruído – Granja G3

O resumo da análise de variância referente aos efeitos do tipo de piso e dos horários de medidas sobre o índice IBUTG nas salas de creche está apresentado na Tabela 26.

Tabela 26. Resumo da análise de variância referente aos efeitos do tipo de piso e dos horários de medidas sobre o índice IBUTG nas salas de creche.

F. V.	G. L.	Q. M.
		IBUTG
Horário	9	2,8822*
Piso	1	1,5278*
Resíduo	9	0,2618

* Significativo a 5% de probabilidade.

Observa-se pela Tabela 26 que o tipo de piso e os horários influenciaram significativamente nos valores obtidos para o IBUTG.

A Tabela 27 mostra que, não houve diferenças significativas entre os horários para o tipo de piso, porém observam-se os valores mais altos de IBUTG na criação com gaiolas suspensas.

Tabela 27. Valores médios horários de IBUTG em cada tratamento (tipo de piso), nas salas para creche de suínos.

Piso	Horários/IBUTG									
	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17
Gai	23,7 a	23,7 a	22,6 a	24,3 a	23,5 a	24,4 a	24,9 a	25,3 a	25,6 a	25,7 a
PSR	22,5 a	22,1 a	21,8 a	23,3 a	23,3 a	24,7 a	24,9 a	25,5 a	25,8 a	24,3 a

Letras iguais em cada coluna não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Foi analisada a variação de IBUTG para cada tipo de piso em relação aos horários das observações e ajustadas as equações de regressão (Tabela 28), que foram utilizadas para a obtenção do gráfico mostrado na Figura 41.

Tabela 28. Equações de regressão para IBUTG em função das observações horárias em cada tratamento (T): gaiolas suspensas e piso semi-ripado.

Piso	Equação ajustada	R ²	C.V. (%)
Gai	$\hat{Y} = 0,003H^4 - 0,158H^3 + 3,069H^2 - 25,036H + 95,899^{**}$	0,86	3,61
PSR	$\hat{Y} = 0,005H^4 - 0,264H^3 + 4,965H^2 - 39,037H + 131,060^{**}$	0,92	5,78
Amb _{ext.}	$\hat{Y} = 0,002H^4 - 0,084H^3 + 1,190H^2 - 5,885H + 31,024^{**}$	0,83	4,14

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

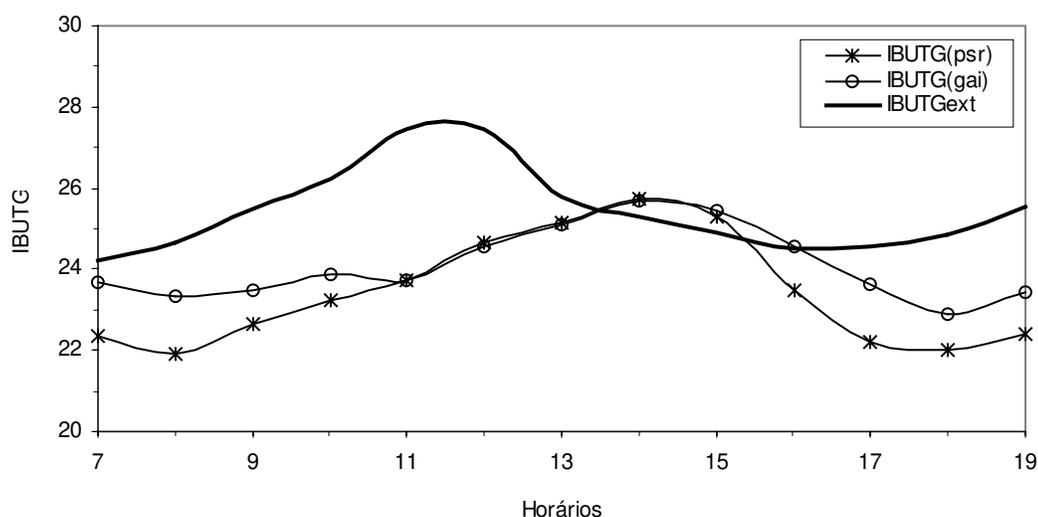


Figura 41. Estimativas de IBUTG externo e nas salas para creche com gaiolas suspensas (gai) e de piso semi-ripado (psr), em função das observações horárias.

Pode-se notar na Tabela 28 que os coeficientes de determinação (R²) foram altos e os coeficientes de variação (C.V.) foram baixos, indicando que houve uma boa correlação entre as variáveis, com melhor ajuste do modelo quadrático.

Pela Figura 41 percebe-se que os valores de IBUTG dentro da instalação foram menores do que no exterior, mostrando que houve o efeito sombreamento, entretanto os maiores valores de IBUTG corresponderam ao período mais quente do dia.

Os valores médios de TBS e UR nas instalações de creche com criação em piso semi-ripado e em gaiolas suspensas são mostrados na Figura 42.

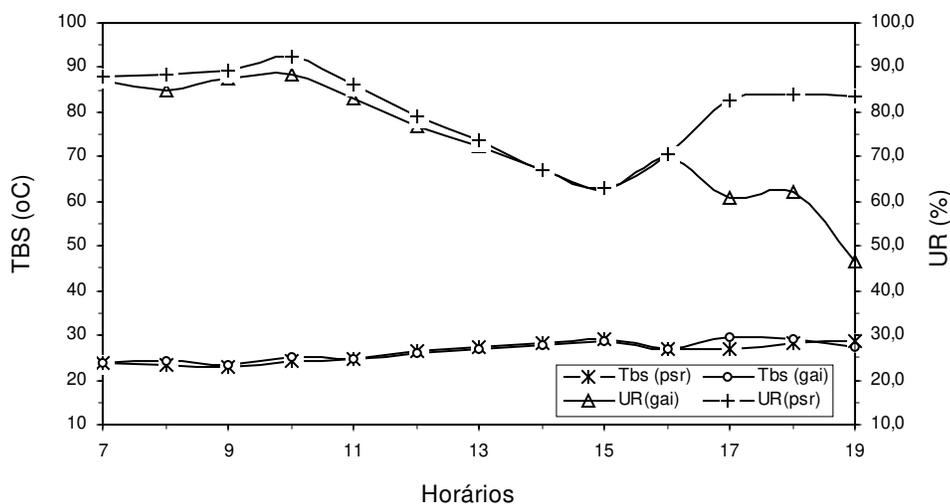


Figura 42. Estimativas das condições climáticas (TBS e UR) no ambiente interno nas salas para creche com gaiolas suspensas (gai) e de piso semi-ripado (psr), em função das observações horárias.

Nota-se que a umidade relativa do ar apresentou comportamento semelhante nas salas de creche, entretanto no período da tarde, a umidade relativa foi mais baixa na sala com gaiolas suspensas, devido à sua localização na extremidade do galpão. Verifica-se ainda que os valores de temperatura (TBS) para as salas de gaiolas suspensas e de piso semi-ripado ficaram próximos e estão dentro daqueles de termoneutralidade para os animais, como descrevem HAHN et al. (1987) e ESMAY (1982).

A análise do ruído na granja G3 em relação ao tipo de sala de suínos na fase de creche (piso semi-ripado e em gaiolas suspensas) é mostrada na Tabela 29. Pode-se verificar por esta

Tabela que o tipo de piso influenciou significativamente nos valores obtidos para o ruído contínuo e de pico.

Tabela 29. Resumo da análise de variância referente ao efeito do tipo de piso e dos horários de medidas sobre o ruído contínuo e de pico emitidos pelos suínos nas salas de creche.

F. V.	G. L.	Q. M.	
		R _{cont.}	R _{pico.}
Horário	9	4,655	7,037
Piso	1	267,111*	465,141*
Resíduo	9	4,710	8,536

* Significativo a 5% de probabilidade.

A Tabela 30 mostra os níveis médios de NPS e a análise de significância.

Tabela 30. Valores médios de ruído contínuo e de pico nas salas para creche de suínos.

Ruído	Horários/Ruído									
	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17
Contínuo										
Gai	67,81 a	68,89 a	69,77 a	68,03 a	65,62 a	70,72 a	71,13 a	73,06 a	71,00 a	70,81 a
PSR	62,60 b	66,25 a	64,36 b	62,29 b	60,62 b	58,74 b	59,81 b	62,80 b	62,94 b	63,36 b
Pico										
Gai	93,18 a	93,52 a	98,96 a	96,87 a	94,79 a	98,94 a	99,78 a	101,04 a	99,24 a	99,43 a
PSR	87,45 a	92,27 a	89,34 b	86,82 b	85,76 b	82,91 b	85,49 b	89,40 b	89,21 b	90,63 b

Letras iguais em cada coluna não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se que, com exceção do primeiro e segundo horários, em todos os outros horários foram observadas diferenças significativas para o tipo de piso.

Observa-se pela Figura 43 que os valores mais altos de ruído contínuo e de pico foram obtidos na sala de creche com gaiolas suspensas, diferença essa que foi mais acentuada a partir das 13:00 h, correspondendo ao período mais quente do dia.

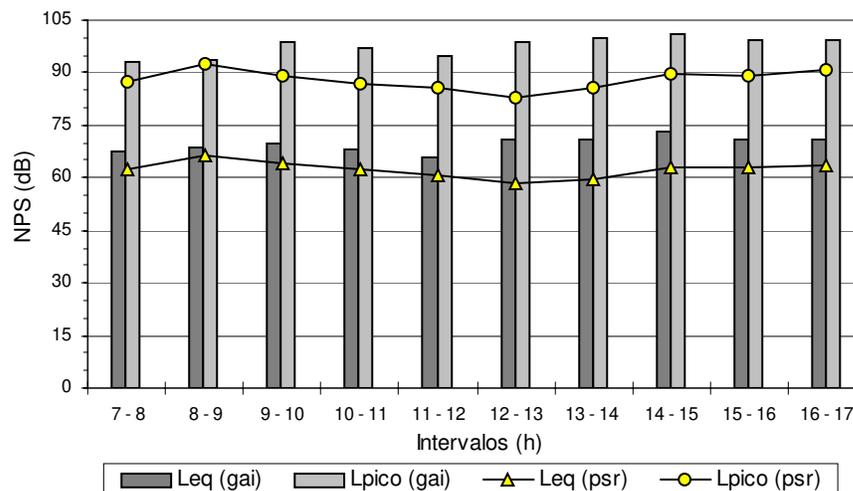


Figura 43. Ruído contínuo e de pico em salas de creche com criação em gaiolas suspensas e em piso semi-ripado.

Considerando que o ruído pode ser um indicativo do bem-estar dos animais, nota-se que os ruídos contínuos e de pico medidos na sala com gaiolas suspensas foram superiores aos medidos na sala com piso semi-ripado, fato que pode estar relacionado a um maior bem-estar aos suínos criados em piso semi-ripado.

Pode-se verificar também que o ruído contínuo (Leq) se manteve nos limites recomendados pelas normas NR-15 (1978), podendo considerar o ambiente salubre.

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, chega-se às seguintes conclusões:

O Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG) foi variável e função principalmente das características construtivas das instalações e, as temperaturas de bulbo seco (TBS), na maior parte do tempo, estiveram dentro daqueles de termoneutralidade para os animais nas fases de creche e terminação.

As concentrações de sulfeto de hidrogênio (H_2S) e de monóxido de carbono (CO) foram inferiores a 1 ppm, a concentração de metano (CH_4) foi inferior a 0,1% em volume e o nível de oxigênio (O_2) ficou em 21% na média. As concentrações destes gases não superaram os limites estabelecidos pelas normas NR-15 (1978), ACGIH (2001), CIGR(1994), podendo-se considerar o ambiente salubre.

A concentração de amônia (NH_3) mostrou ser resultado de complexas interações e, na maior parte do tempo, o teor médio não ultrapassou os limites de tolerância recomendados pelas normas (NR-15, ACGIH, CIGR) para os animais e trabalhadores. Houve diferenças significativas ($P < 0,05$) em relação aos horários de medida, ao período e à instalação avaliada. Houve pequena variação na concentração entre as alturas avaliadas. As mais altas concentrações foram observadas no inverno e mais especificamente nos horários da tarde, correspondendo aos horários de maior temperatura do ar. Considerando outras indicações de limites que provocam danos no desenvolvimento do animal, a amônia (NH_3) apresentou concentração superior, principalmente nos horários da tarde.

A concentração de poeira total foi mais alta na creche ($0,84 - 9,16 \text{ mg.m}^{-3}$) do que na terminação ($0,84 - 3,34 \text{ mg.m}^{-3}$), o mesmo ocorrendo com a concentração de poeira respirável, entretanto esta ficou inferior a $3,67 \text{ mg.m}^{-3}$, e estas concentrações não se revelam riscos à saúde.

O ruído contínuo se manteve nos limites recomendados pelas normas (NR-15, ACGIH), podendo-se considerar o ambiente salubre. Considerando os valores de ruído de pico observados durante algumas etapas de produção e, principalmente nas instalações para suínos na fase de terminação, recomenda-se o uso de equipamento de proteção auricular. O ruído na sala de creche com gaiolas suspensas foi superior ao ruído na sala de creche com piso semi-ripado, o que pode estar relacionado em um maior bem-estar aos animais no piso semi-ripado. Verificou-se também a tendência do ruído em acompanhar as condições de conforto térmico das instalações.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos desta pesquisa foram o de avaliar a concentração de gases e de poeira, níveis de ruído e o conforto térmico no ambiente das instalações para creche e terminação de suínos, situadas em três granjas de ciclo completo de produção.

Observou-se que a concentração de gases, principalmente NH_3 , e de poeira é muito variável, que o nível de ruído pode ser um indicativo de bem-estar do animal e que há interação dos agentes ambientais avaliados com o conforto térmico da instalação. Embora os resultados das concentrações dos gases e de poeira e níveis de ruídos se refiram somente às instalações analisadas, podem-se expandir as conclusões para outras instalações com características construtivas e de manejo semelhantes.

Outros fatores a serem considerados e que servem como sugestões de trabalhos futuros são: expandir a avaliação a outras instalações para animais e para outras atividades agropecuárias, a nível regional e até mesmo em outras regiões do estado e do país; mensurar a contribuição, principalmente, dos gases NH_3 e CH_4 proveniente das atividades agrícolas na produção global; conduzir para a realização de um inventário em relação a gases e poeira nas atividades agropecuárias; determinar/estimar um índice de bem-estar animal a partir de informações sobre a frequência *versus* nível de pressão sonora; verificar ao nível da Legislação Brasileira os conceitos de saúde e segurança do trabalho nas atividades agropecuárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARNINK, A.J.A. & ELZING, A. Dynamic model for ammonia volatilization in housing with partially slatted floors, for fattening pigs. **Livestock Production Science**, v.53, p.153-169, 1998.

AARNINK, A.J.A.; OUWERKERK, E.N.J.; VERSTEGEN, M.W.A. A mathematical model for estimating the amount and composition of slurry from fattening pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.31, p.121-132, 1992.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENT INDUSTRIAL HYGIENISTS – ACGIH, Cincinnati. **TLVs and BEIs – Threshold Limit Values for Chemical Substances and Biological Exposure Indices**. Cincinnati, U.S., 2001. 185p.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING AND REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS – ASHRAE, Atlanta. **Handbook of Fundamentals**. Atlanta, U.S. 1985.

ARCURI, A.S.A. & CARDOSO, L.M.N. Limite de tolerância?. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.19, n.74, p.99-106, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. **NBR-10151**; Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000, 4p.

ASTETE, M.G.W. & KITAMURA, S. Efeitos da exposição profissional ao barulho. In: Mendes R. (ed.). **Medicina do Trabalho: Doenças Ocupacionais**. São Paulo: Sarvier S/A Editora Livros Médicos, 1980. p.416-435.

ATTWOOD P.; BROUWER, R.; RUIGEWAARD, P.; VERSLOOT, P.; DEWIT, R.; HEEDERIK, D.; BOLEIJ, J.S.M. A study of the relationship between airborne contaminants and environmental factors in Dutch swine confinement buildings. **Am. Ind. Hyg. Assoc. J**, v.48, p.745-51, 1987.

BAÊTA, F.C.; MEADOR, N.F.; SHANKLIN, M.D. Equivalent temperature index at temperatures above thermoneutral for lactating dairy cows. **ASAE**, St Joseph, 1987, 21p.

BARKER, J.; CURTIS, S.; HOGSETT, O.; HUMENIK, F. Safety in swine production systems. **Waste Quality & Waste Management**, North Carolina Cooperative Extension Service, 2002, 6p.

BENEDI, J.M.H. El ambiente de los alojamientos ganaderos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Servicio de Extensión Agraria, Madrid. **Hojas Divulgadoras**, n.6/68 HD, 1986. 28p.

BERCKMANS, D. Sound analysis in livestock as a basis for on-line monitoring and process control. In: SEMINÁRIO: POLUENTES AÉREOS E RUÍDOS EM INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO DE ANIMAIS, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, 2002. p.33-45.

BON, A.M.T. & SANTOS, A.M.A. **Sílca**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2003. [on-line]. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/SES/apresentacao.asp>> Acesso em: Jan. 2004.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; KACHMAN, S.D. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, v.71, p.253-260, 2001.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Trans. ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

BUSSE, F.W. Comparison measurements of the house climate in swine stable without respiratory diseases or cannibalism. In: LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM IV, 1993, England. **Proceedings...** American Society of Agricultural Engineers (ASAE), University of Warwick Coventry, 1993. p.904-908.

CARPENTER G.A.; COOPER, A.W.; WHELLER, G.E. The effect of air filtration on air hygiene and pig performance in early-weaner accommodation. **Animal production**, v.43, p.505-515, 1986.

CARVALHO, L.F.O.S. Doenças respiratórias dos suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p.237-262.

CARY, R.; CLARKE, S.; DELIC, J. Effects of combined exposure to noise and toxic substances-critical review of the literature. **Ann. Occup. Hyg.**, v.41, n.4, p.455-465, 1996.

CASTRO, H.A. & LEMLE, A. Doenças ocupacionais do aparelho respiratório. In: VIEIRA, S.I. (Coord.). **Medicina básica do trabalho**, 2^a ed. Curitiba: Gênesis Editora, 1996. v.III, p.259-307.

CHANG, C.W.; CHUNG, H.; HUANG, C.F.; SU, H.J.J. Exposure assessment to airborne endotoxin, dust, ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide in open style swine houses. **Ann. Occup. Hyg.**, v.45, n.6, p.457-465, 2001.

CHILDERS, J.W.; THOMPSON JR., E.L.; HARRIS, D.B.; KIRCHGESSNER, D.A.; CLAYTON, M.; NATSCHKE, D.F.; PHILLIPS, W.J. Multi-pollutant concentration measurements around a concentrated swine production facility using open-path FTIR spectrometry. **Science Direct**, v.35, n.11, p.1923-1936, 2001.

CLARK, J.A. **Environmental aspects of housing for animal production**. London: Butterworths, 1981.

COMMISSION INTERNATIONALE DU GÉNIE RURAL – CIGR, Dublin. **Aerial environment in animal housing: concentrations in and emissions from farm buildings**. Dublin, 1994. 116p.

COSTA, E.C. **Arquitetura ecológica, condicionamento térmico natural**. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 264p.

COSTA, Everardo Andrade da. **Desenvolvimento de teste de reconhecimento da fala, com ruído, em português do Brasil, para a aplicação em audiologia ocupacional ocupacional**. Campinas: Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, 1998. 139p. (Tese, Doutorado em Saúde Coletiva).

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University Press, 1983. 409p.

DE BOER, S. & MORRISON, W.D. **The effects of the quality of the environment in livestock buildings on the productivity of swine and safety of humans**. University of Guelph, Ontario, 1988.121p.

DIAS, L.A.M. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem**. São Paulo: Ed. Ziguarte, 1997. 161p.

DONHAM, K.J.; ZAVAL, D.C.; MERCHANT, J.A. Acute effects of the work environment on pulmonary functions of swine confinement workers. **American Journal of Industrial Medicine**, v 5, p.367-375, 1986.

DONHAM, K.J.; REYNOLDS, S.J.; WHITTEN, P.; MERCHANT, J.A.; BURMEISTER, L.; POPENDORF, W.J. Respiratory dysfunction in swine production facility workers: dose-response relationships of environment exposure and pulmonary function. **American Journal of Industrial Medicine**, v 27, p.405-419, 1995.

DONHAM, K. A historical overview of research on the hazards of dust in livestock buildings. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DUST CONTROL IN ANIMAL PRODUCTION FACILITIES, 30, 1999, Scandinavian Congress Center, Aarhus, Denmark **Proceedings...** Horsens, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences, 1999. p.13-21.

DONHAM, K. & CUMRO, D. Setting maximum dust exposure levels for people near animal in livestock facilities. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DUST CONTROL IN ANIMAL PRODUCTION FACILITIES, 30, 1999, Scandinavian Congress Center, Aarhus, Denmark **Proceedings...** Horsens, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences, 1999. p.93-110.

DOSMAN, J.A.; SENTHILSELVAN, A.; BARBER, E.; et al. Lung function measurements in swine confinement workers: longitudinal decline, shift change, environmental intervention. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, V, 1997, Minnesota. **Proceedings...** ASAE, St. Joseph, 1997. p.15-16.

DRUMMOND, J.G.; CURTIS, S.E.; SIMON, J.; NORTON, H.W. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.50, n.6, p.1085-91, 1980.

ELLEN, H.H.; DOLEGHS, B.; ZOONS, J. Influence of air humidity on dust concentration in broiler houses. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DUST CONTROL IN ANIMAL PRODUCTION FACILITIES, 30, 1999, Scandinavian Congress Center, Aarhus, Denmark **Proceedings...** Horsens, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences, 1999. p.41-47.

ELZING, A & MONTENY, G.J. Ammonia emission in a scale model of a dairy-cow house. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.40, 713-720, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa Suínos e Aves, Concórdia. **Suínos: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília. 1997.

Equipe de redação: A importância do calor na produção de suínos. **PORK WORLD**, Paulínia, SP, ano 2, n.12, p.32-35, mar./abr. 2003.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: Avi Publishing Company Inc, 1982. 325p.

GERGES, S.N.Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. 1992. 576p.

GUINGAND, N. Dust concentrations in piggeries: influence of season, age of pigs, type of floor and feed presentation in farrowing, post-weaning and finishing rooms. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DUST CONTROL IN ANIMAL PRODUCTION FACILITIES, 30, 1999, Scandinavian Congress Center, Aarhus, Denmark **Proceedings...** Horsens, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences, 1999. p.69-75.

GUSTAFSSON, B. The health and safety of workers in a confined animal system. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.49, p.191-202, 1997.

HAHN, G.L., NIENABER, J.A., DESHAZER, J.A. Air Temperature Influences on Swine Performance and Behavior. **ASAE**, MI: Applied Engineering in Agriculture, St. Joseph, v.3, n 2, p.295-302, 1987.

HARTUNG, J. Emissionen der tierhaltung (airborne emissions from livestock farming). In: AKKERMANN, R.; BEHRENS, H.B.; EHRNBERGER, H.(ed.). **Allegie und Umwelt. Vechtaer Universitatsschriften**, Verlag Gunter Runge, Cloppenburg, 1992. p.85-104.

HAZEN, T.E. & MANGOLD, D.W. Functional and basic requirements of swine housing. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.41, n.9, p.585-590, 1960.

HEBER, A.J.; STROIK, M.; FAUBION, J.M.; WILLARD, F.H. Size distribution and identification of aerial dust particles in swine finishing buildings. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.31, n.3, p.882-887, 1988.

HELLICKSON, M.A. & WALKER, J.N. **Ventilation of agricultural structures**. American Society of Agricultural Engineers (ASAE), Monograph n.6, 1983.

HINZ, T. & LINKE, S. A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. Part 1: Methods. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.70, n.1, p.111-1118, 1998.

IVERSEN, M. & TAKAI, 1980. **Lung function studies in farmers during work in swine confinement units**. Zentralblatt Fur Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz Prophylaxe und Ergonomie, 40, p.236-242, 1980.

JENSEN, A.O. Changing the environment in swine buildings using sulfuric acid. **American Society of Agricultural Engineers** (ASAE), v.45, n.1, p.223-227, 2002.

KOERKAMP, G.P.W.G. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.59, p.73-87. 1994.

KOERKAMP, G.P.W.G.; METZ, J.H.M.; UENK, G.H.; PHILLIPS, V.R.; HOLDEN, M.R.; SNEATH, R.W.; SHORT, J.L.; WHITE, R.P.; HARTUNG, J.; SEEDORF, J.; SCHRÖDER, M.; LINKERT, K.H.; PEDERSEN S.; TAKAI, H.; JOHNSEN, J.O.; WATHES, C.M. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.70, n.1, p. 79-95. 1998.

KRISTENSEN, K.H. & WATHES, C.M. Amônia e bem-estar das aves: uma síntese. **Clipping Merrial de Avicultura**, ano2, n.6, 2001.

LARRY, D.J.; STEVE, P.; WILLIAM, G.B. **Troubleshooting swine ventilation systems**. Purdue University Cooperative Extension Service, Pork Industry Handbook, PIH-84, 1994. 6p.

LE DIVIDICH, J. **Performance du porc en croissance-finition en relation avec le milieu climatique**. França: Journêe Nationale de Porc, Toulouse, 1982.

LEAL, P.M. & NÄÄS, I.A. Ambiência animal. In: CORTEZ, L.A.B.; MAGALHÃES, P.S.G. (org.). **Introdução à Engenharia Agrícola**. Campinas, SP, Editora Unicamp, 1992. p.121-135.

LINDLEY, J.A. & WHITAKER, J.H. Ventilation systems. *Agricultural Buildings and Structures*. **ASAE**, St. Joseph, p.315-345, 1996.

LOPEZ, J.; JESSE, G.W.; BECKER, B.A.; ELLERSIECK, M.R. Effects of temperature on the performance of finishing swine: effects of a hot, diurnal temperature on average daily gain, feed intake and feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v.9, p.843-1849, 1991.

LOTT, B. El amoníaco puede causar pérdidas importantes. **Indústria Avícola**, Illinois, U.S., v.50, n.10, p.8-10. Out. 2003.

MANGOLD, D.W.; HAZEN, T.E.; HAYS, V.W. Effect air temperature on performance of growing-finishing swine. **Trans. ASAE**, St. Joseph, MI, v.10, n.3, p.370-375, 1967.

MANTEUFFEL, G. & SCHON, P.C. Measuring pig welfare by automatic monitoring of stress calls. In press: **Bornimer Agrartechnische Berichte**, 2002.

MARTRENCAR, A.; HUONNIC, D.; COTTE, J.P.; E. BOILLETOT, E.; MORISSE, J.P. Influence of stocking density, artificial dusk and group size on the perching behaviour of broilers. **Br. Poult. Sci.**, v.41, p.125-130, 2000.

MARCHANT, J.N.; WHITTAKER, X; BROOM, D.M. Vocalisations of the adult female domestic pig during a standard human approach test and their relationships with behavioural and heart rate measures. **Applied Animal Behaviour Science**, v.72, n.2, p.23-39, 2001.

MCLEAN, J.A. The environmental needs of farm animals and their output. **Journal of J.I.H.V.E.**, Hannah Dairy Institute, U.K., v.37, 1969.

____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria 3.214 de Jul. 1978. Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho - NR-15: Atividades e Operações Insalubres.** Brasília, 1978. [on-line]. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/temas/segsau/legislacao/normas/conteudo/nr15/default.asp>>. Acesso em: nov. 2001.

____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria 3.214 de Jul. 1978. NR-9: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.** Brasília, 1978. [on-line]. Disponível em: <<http://www.mtb.gov.br/temas/segsau/comissoestri/ctpp/oquee/conteudo/nr9/default.asp>> Acesso em: nov. 2001.

MORATA, T.C. & LEMASTERS, G.K. Considerações epidemiológicas para o estudo de perdas auditivas ocupacionais. In: NUDELMANN, A.A.; COSTA, E.A.; SELIGMAN, J.; IBAÑEZ, R.N. (org.). **PAIR: Perda auditiva induzida pelo ruído**. Rio de Janeiro: Livraria e Editora Revinter Ltda, 2001. p.1-16.

MORRISON, S.R.; HEITMAN JR., H.; BOND, T.E. Effect of humidity on swine at temperatures above optimum. **Int. J. Biometeor.**, v.13, n.2, p.135-139, 1969.

MOUNT, L.E. Aspectos del desarrollo de la fisiología, ecología del cerdo. In: MORGAN, J.T. (Org.), **Nutrition de aves y cerdos**. Zaragoza, Ed. Acribia, 1964. p.38-97.

MUTHEL, C. & DONHAM, K. Ocupacional health problemas of the rural work force. **J. Medical Practice in Rural Communities**, New York, p.77-115. ISBN: 0387-91224, 1983.

NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183 p. (a).

NÄÄS, I.A. A influência do meio ambiente na reprodução das porcas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5, 2000, São Paulo. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p.142-151. (b).

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Manual of analytical methods (NMAM)**, 4 ed, Cincinnati, U.S. 1994. [on-line]. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/nman>> Acesso em: out. 2001.

NI, J-Q.; HEBER, A.J.; DIEHL, C.A.; LIM, T.T. Ammonia, hydrogen sulphide and carbon dioxide release from pig manure in under-floor deep pits. **J. Agric. Engng. Res.** v.77, n.1, p.53-66, 2000.

NI, J-Q.; HEBER, A.J.; DIEHL, C.A.; LIM, T.T.; DUGGIRALA, R.K.; HAYMORE, B.L. Hydrogen sulphide emission from two large pig-finishing buildings with long-term high-frequency measurements. **Journal of Agricultural Science**, v.138, p.227-236, 2002.

NIENABER, J.A., HAHN, L.G., YEN, J.T. Thermal Environment Effects on Growing-Finishing Swine, Part I - Growth, Feed Intake and Heat Production. **Trans ASAE**, St. Joseph, v.30, n.6, p.1772-1775, 1987.

NORDSTRÖM, G.A. & MCQUITTY, J.B. Manure gases in the animal environment. A literature review. **Research Bulletin** 76-1. Dep. of Ag. Eng, University of Alberta, Canada, 80p. 1976.

OGILVIE, J.R. Environmental systems: design and performance standard. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, V, 1997, Bloomington, Minnesota. **Proceedings...** ASAE, St Joseph, 1997. p.7-14.

OLIVEIRA, P.A.V. Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CBNA, 1994. p.27-40.

OLIVEIRA, J.A.A. Prevenção e proteção contra perda auditiva induzida por ruído. In: NUDELMANN, A.A.; COSTA, E.A.; SELIGMAN, J.; IBAÑEZ, R.N. (org.). **PAIR: Perda auditiva induzida pelo ruído**. Rio de Janeiro: Livraria e Editora Revinter Ltda, 2001. p.17-44.

OTTAWAY, J.H. **Bioquímica da poluição**. v. 29. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1982. 74p.

PAINTER, H.A. Microbial transformations of inorganic nitrogen. *Progress in Water Technology*, v.4/5, n.8, p.3-29, 1977 apud GROOT KOERKAMP, P.W.G. et al.

Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.70, n.1, p.79-95, 1998.

PAUSTENBACH, D.J. Updating OSHA's permissible exposure limits: putting politics aside. **American Industrial Hygiene Association Journal**, Morgantown, v.58, n.12, p.845-849, Dec. 1997.

PICKRELL, J. Hazards in confinement housing – gases and dusts in confined animal houses for swine, poultry, horses and humans. **Vet. Hum. Toxicol.**, 33 (1), p.32-39, 1991.

PIJOAN, C. Factores medio ambientales que afectan los problemas respiratorios del cerdo. In: CONGRESO NACIONAL DE PRODUCCION PORCINA, 8, Rosario. **Anais...** Argentina: Jornadas de Actualizacion Porcina, 1994. p.4-9.

PINHEIRO, D.C.; COLAFEMINA, J.F.; NETTO, A.A.T.C.; ALVES, M.L.R. Perda ativa induzida por ruído em pacientes com doenças sistêmicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OTORRINOLARINGOLOGIA, 34, Porto Alegre, RS. **Anais...** 1998. p.1-5.

ROBERTSON, A.M. & GALBRAITH, H. Effect of ventilation on the gas concentration in a part-stalled piggery. **Farm Building R. & D. Studies** (1), **Scottish Farm Buildings Investigation Unit**, p.17-28, 1971.

ROBERTSON, J.F.; WILSON, D.; SMITH, W.J. Atrophic rhinitis: the influence of the aerial environment. **Animal Production**, v.50, p.173-182, 1990.

ROBERTSON, J.F. Dust and ammonia in pig buildings. **Farm Building Progress**, v.110, p.19-24, 1992.

ROPPA, L. A suinocultura no mundo. **Pork World**, Paulínia, SP, ano3, n.17. p.14-37. Dez. 2003.

SAINBURY, D.W.B. Climatic environment and pig performance. In: COLE, D.J.A. (ed.). **Pig Production**. London, Butterworths, 1972. p.91-105.

SALIBA, T.M. & CORRÊA, M.A.C. **Manual prático de avaliação e controle de gases e vapores – PPRA**. São Paulo: Ed. LTR, 2000. 132p.

SÄLLVIK, K. Air quality for pig production. In: Symposium on Environment and Quality in Industrial Pig Production, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: Escola Superior Luiz de Queiroz, Sao Paolo University, 1999. 20p.

SCHMIDT, D.R.; JACOBSON, L.D.; JANNI, K.A. Continuous monitoring of ammonia, hydrogen sulfide and dust emissions from swine, dairy and poultry barns. **ASAE**, Chicago, Illinois, U.S., 2002, 14p.

SILVA, A.F. Doenças respiratórias. **Suínocultura Industrial**, Porto Feliz, SP, n.137. Fev./Mar. 1999. [on-line]. Disponível em: <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/especie/suinos.htm>> Acesso em: Jan. 2004.

SORENSEN, P.H. Influencia del ambiente climatico en la production del cerdo. In: MORGAN, J.T (org.), **Nutricion de aves y cerdos**. Zaragoza, Ed. Acribia, 1964. p.7-116.

STOMBAUGH, D.P.; TEAGUE, H.S.; ROLLER, W.L. Effects of atmospheric ammonia on the pigs. **J. Animal Science**, v.28, p.844-847, 1969.

TAKAI, H.; PEDERSEN S.; JOHNSEN, J.O.; METZ, J.H.M.; GROOT KOERKAMP, P.W.G.; UENK, G.H.; PHILLIPS, V.R.; HOLDEN, M.R.; SNEATH, R.W.; SHORT, J.L.; WHITE, R.P.; HARTUNG, J.; SEEDORF, J.; SCHRÖDER, M.; LINKERT, K.H.; WATHES, C.M. Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.70, n.1, p.59-77, 1998.

TIETBOEHL FILHO, C.N. As doenças respiratórias ocupacionais na indústria avícola. In: Workshop sobre Bem-Estar e Salubridade do Trabalhador na Atividade Avícola. Campinas, São Paulo. **Anais...** Campinas: FACTA, 2003. p.57-71.

VERSTEGEN, M. W. A.; VAN DER HEL, W.; BRANDSMA, H. A.; HENKEN, A. M.; BRANSEN, A. M. Influences of some environmental, animal and feeding factors on energy metabolism in growing pigs. In: ENERGY METABOLISM OF FARM ANIMALS (VERSTEGEN, M. W. A.; HENKEN, A. M. ed.). **Martinus Nijhoff**. Dordrecht, NL, 1987. p.70-86.

VERSTEGEN, M. W. A.; TAMMINGA, S. GREERS, R. The effect of gaseous pollutants on animals. In: DEWI, I.A.; AKFORD, R.F.E.; MURAI, I.F.M.; OMED, H. (eds.). **Pollution in Livestock Production Systems**. CAB International, 1994. p.71-79.

WACHENFELT, E.V. Dust reduction in alternative production systems for laying hens. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DUST CONTROL IN ANIMAL PRODUCTION FACILITIES, 30, 1999, Scandinavian Congress Center, Aarhus, Denmark **Proceedings...** Horsens, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences, 1999. p.261-264.

WANG, X.; ZHANG, Y.; RISKOWSKI, G.L. Dust spatial distribution in a typical swine building. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DUST CONTROL IN ANIMAL PRODUCTION FACILITIES, 30, 1999, Scandinavian Congress Center, Aarhus, Denmark. **Proceedings...** Horsens, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences, 1999. p.48-55.

WATHES, C.M.; PHILLIPS, V.R.; HOLDEN, M.R.; SNEATH, R.W.; SHORT, J.L.; WHITE, R.P.; HARTUNG, J. et al. Emissions of aerial pollutants in livestock buildings in Northern Europe: Overview of a multinational project. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.70, n.1, p.3-9, 1998.

WATHES, C.M.; JONES, J.B.; KRISTENSEN, H. H.; JONES, E.K.M.; WEBSTER, A.J.F. Aversion of pigs and domestic fowl to atmospheric ammonia. **Trans. ASAE**, v.45, n.5, p.1605-1610, 2001.

WATHES, C.M. Environmental control in pig housing. In: 15th International Pig Veterinary Society Congress, 1998, Birmingham, UK, (DONE, S.; THOMPSON, J.; VARLEY, M. (ed.)). **Nottingham University Press**, v.I, 1998. p.257–265.

WEARY, D.M.; APPLEBY, M.C.; FRASER, D. Responses of piglets to early separation from the sow. **Appl. Anim. Behav. Sci.** v.63, n.4, p.289-300, Apr. 1999.

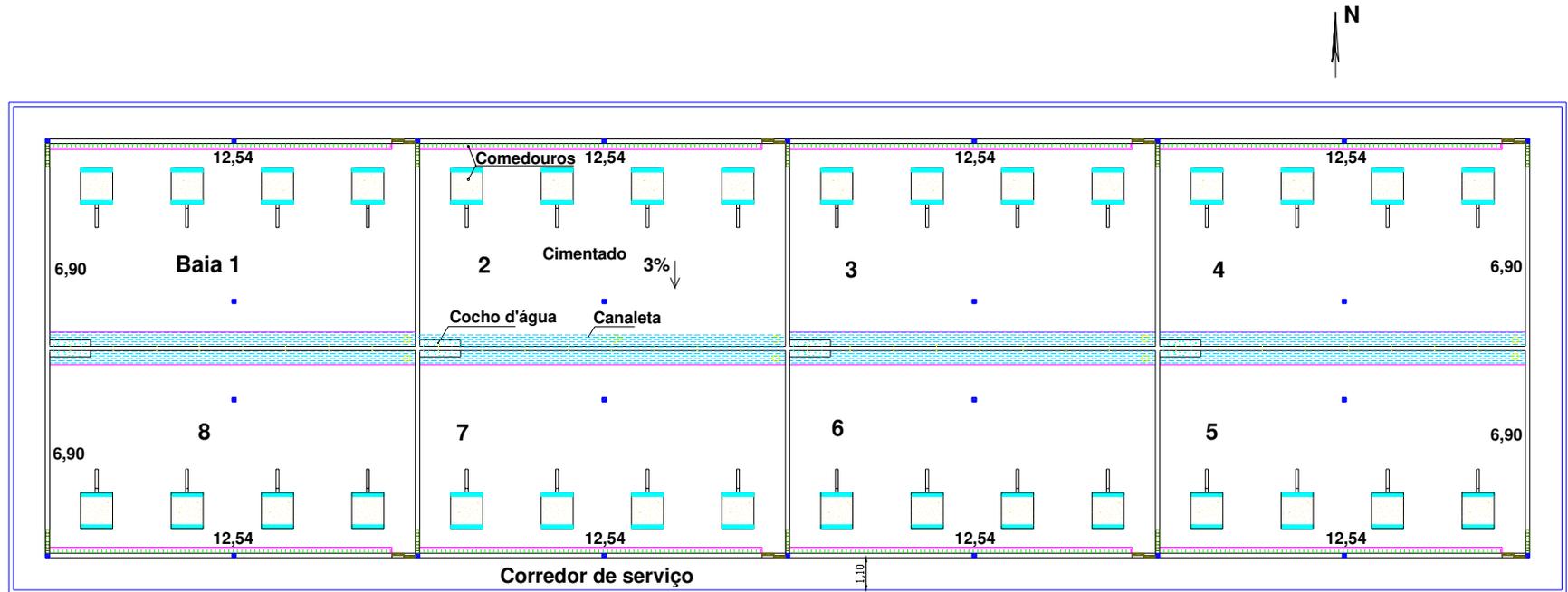
YAN, P.S. & YAMAMOTO, S. Relationship between thermoregulatory responses and heat loss in piglets. **Animal Science Journal**, v.71, n.10, p.505-509, 2000.

YAREMCHUK, K.; DICKSON, L.; BURK, K.; SHIVAPUJA, B.G. Noise level analysis of commercially available toys. **Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, v.41, p.187-197, 1997.

ZHANG, Y. Engineering control of dust in animal facilities. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DUST CONTROL IN ANIMAL PRODUCTION FACILITIES, 30, 1999, Scandinavian Congress Center, Aarhus, Denmark. **Proceedings...** Horsens, Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences, 1999. p.22-27.

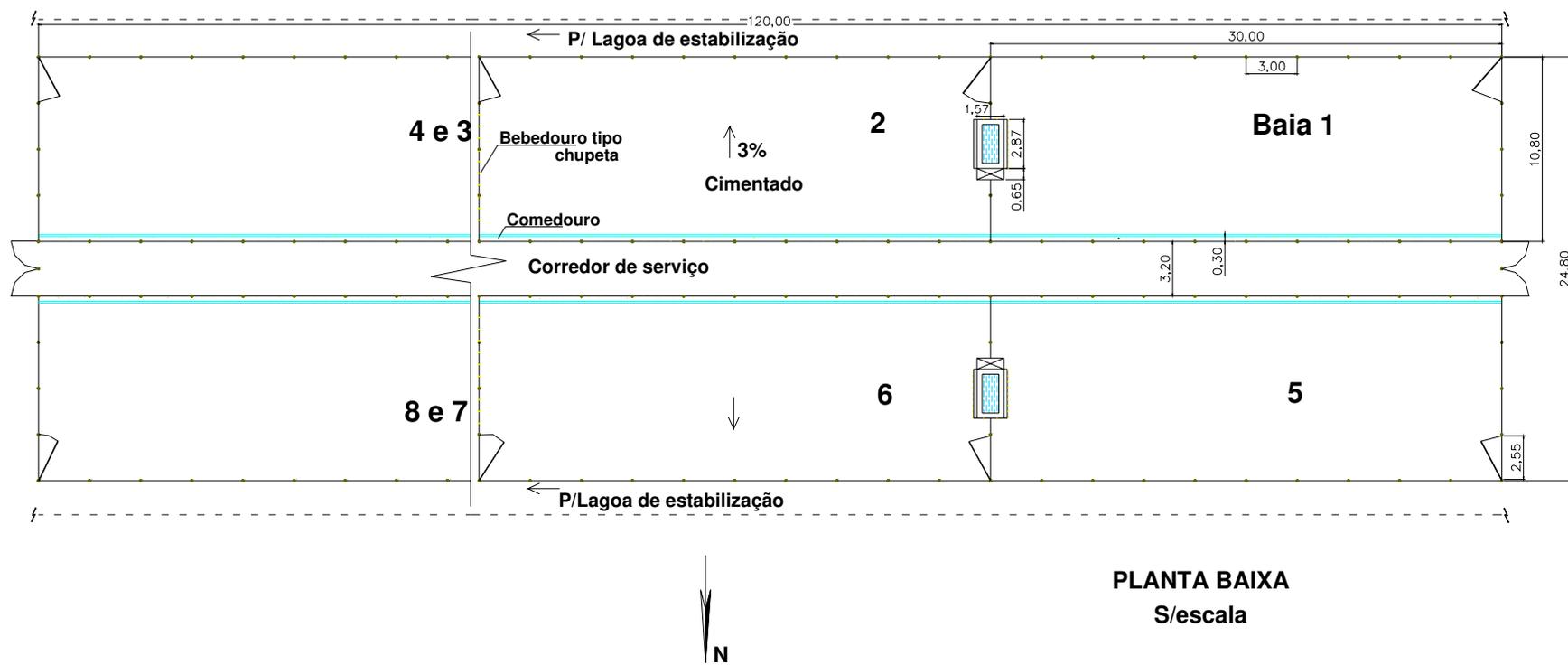
ANEXOS

Anexo 1. Planta baixa (Creche_Granja Querência)

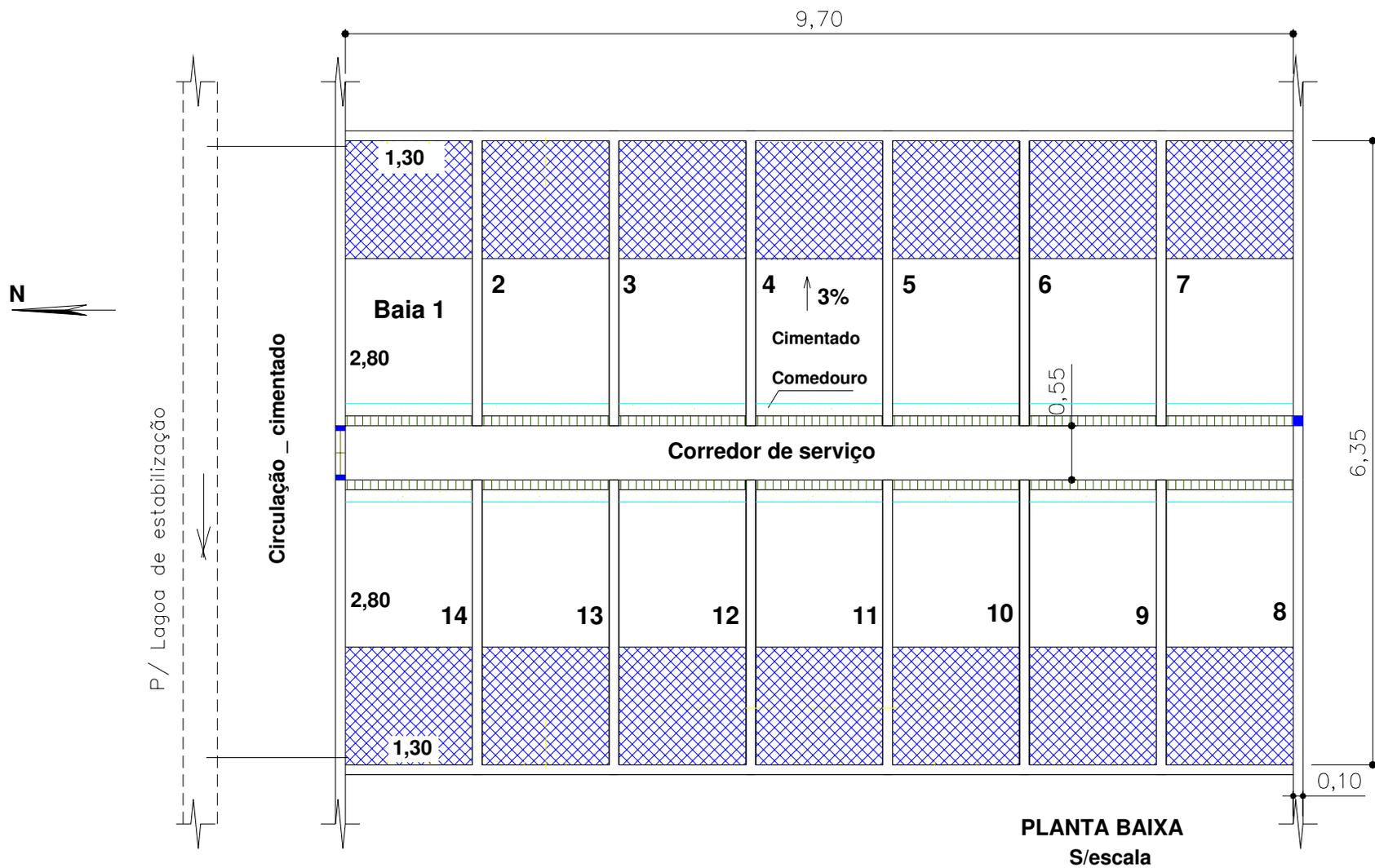


PLANTA BAIXA
S/escala

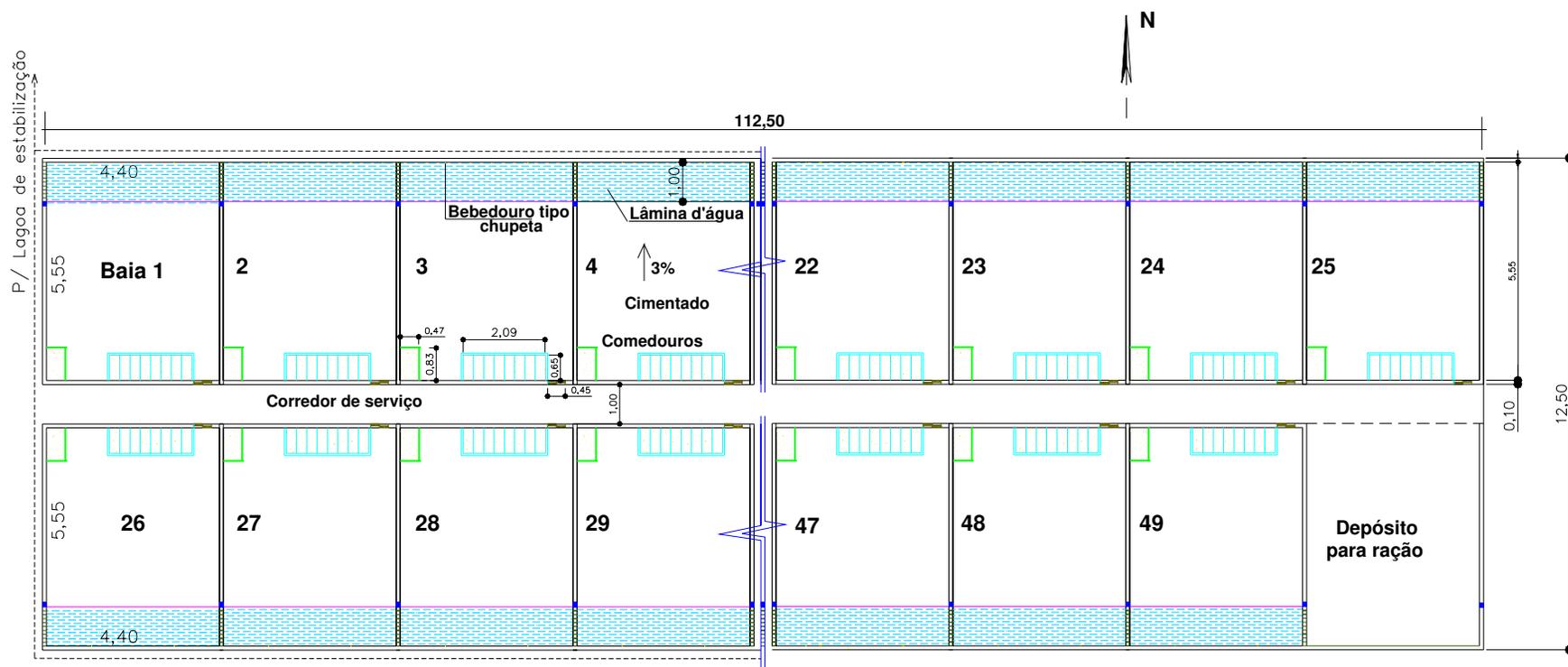
Anexo 2. Planta baixa (Terminação_Granja Querência)



Anexo 3. Planta baixa (Creche_Granja Castelo)



Anexo 4. Planta baixa (Terminação_Granja Castelo)



PLANTA BAIXA

S/escala

Anexo 5. Laudo de poeira total



T&E:41640203 I/I

Laboratório de Análises Químicas

Rua Sto Antonio Claret 193 - Jardim Chapadão - Campinas SP - CEP 13073-450 - Brasil

Fone: 55-19-3242-2244 Fax: 55-19-3213-0817 e-mail:teanalitica@teanalitica.com.br

Habilitado pela ANVISA - Ministério da Saúde

(Bioequivalência e Equivalência Farmacêutica)

T&E: 41640203	Cliente: Irenilza de Alencar Nããs	
Início: 13/02/03	CPF: 722.495.108-06	RG: 8.784.279-8
Término: 25/02/03	Endereço: Av. João Erbolato, 835 ap.28 - Jd. Chapadão CEP: 13066-641- Campinas-SP	
Cliente: Carlos A. de P. Sampaio	Setor: Faculdade de Engenharia Agrícola	
Fone: (19) 3213-8875	Fax: (19) 3213-8875	e-mail:
Obs.: A análise foi realizada sobre a amostra recebida neste laboratório e no estado em que se encontrava.		

RESULTADO ANALÍTICO

Resultados de Poeira Total:

	Unidade	Cassete nº 1
Tempo de Coleta	min	120
Vazão	l/min	1
Volume Coletado	l	120
Poeira Total	mg/m ³	< 0,08

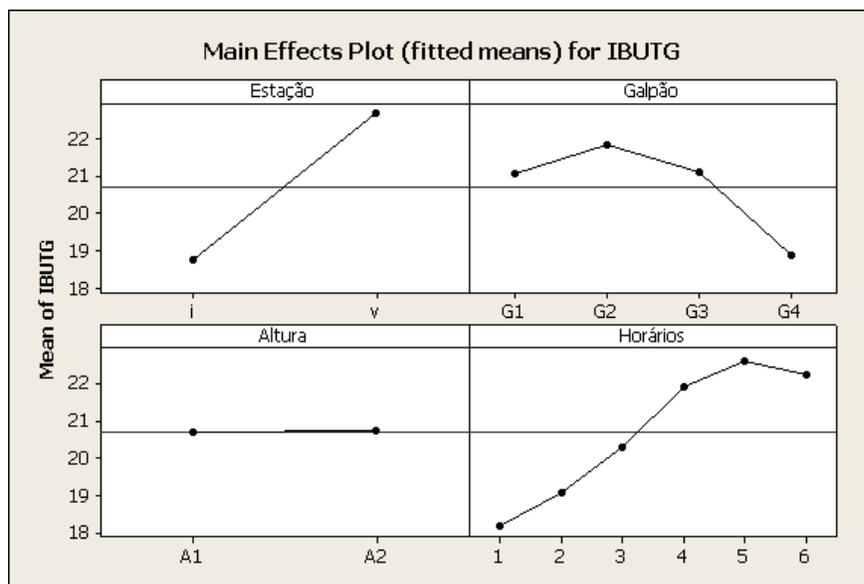
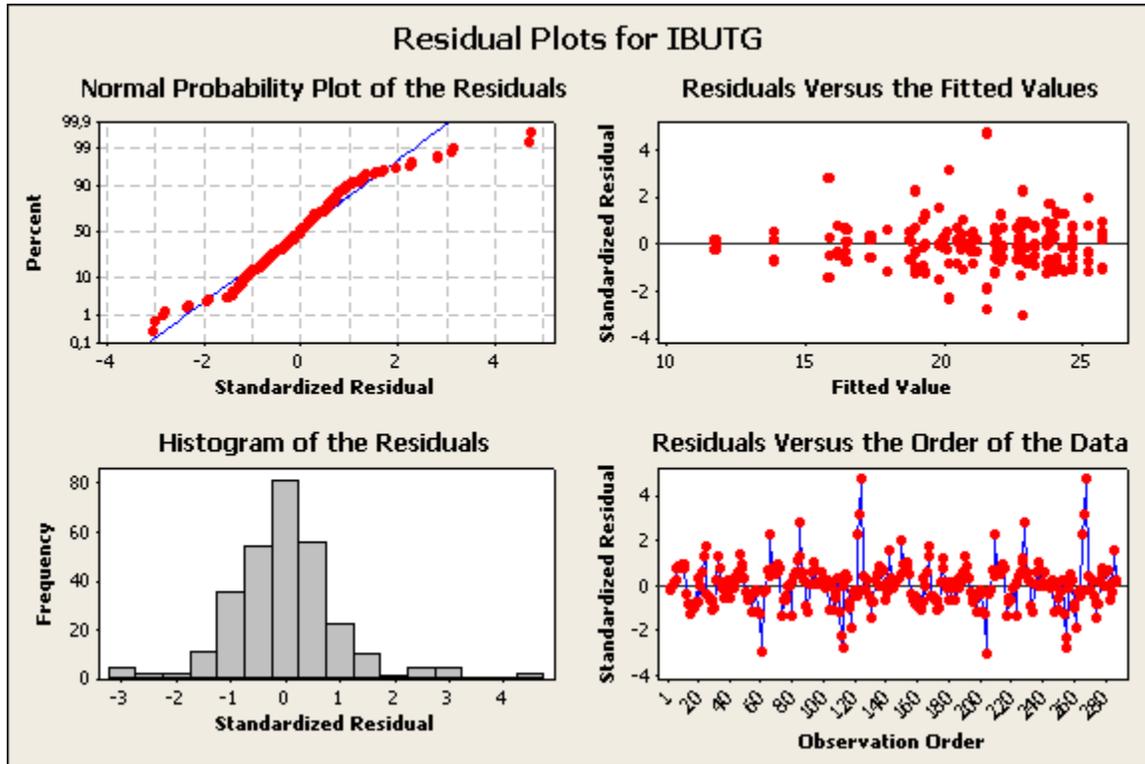
Observações:

- O sinal "<" refere-se ao limite de detectabilidade da técnica.
- Metodologia Analítica: Poeira - Método OSHA - Ref. 11 e 12.

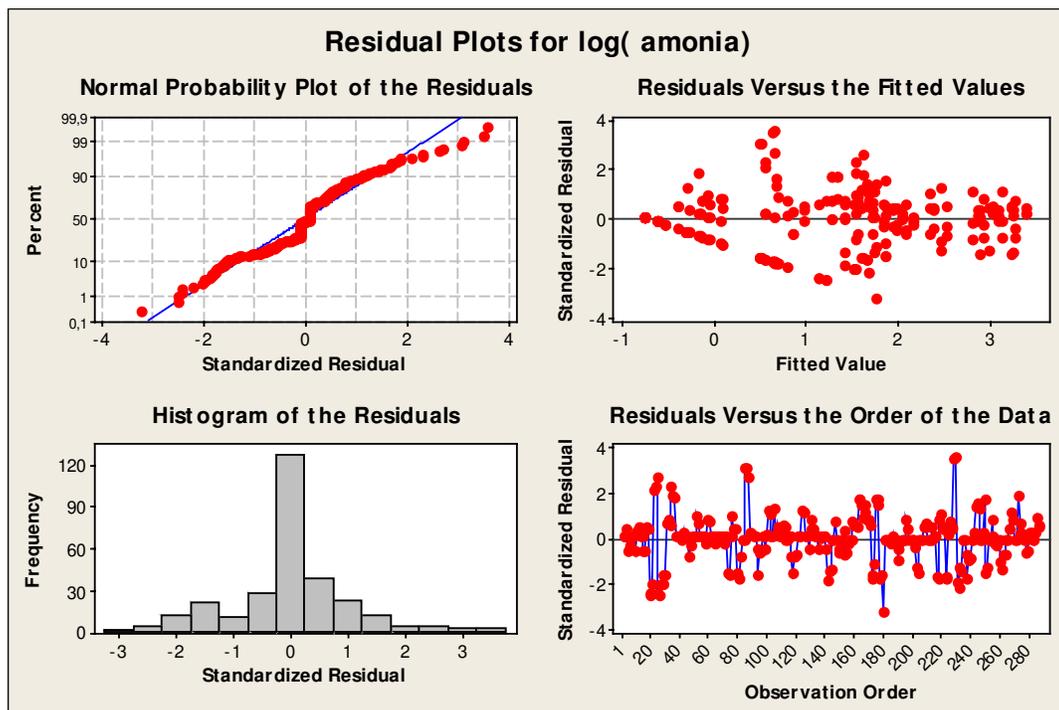
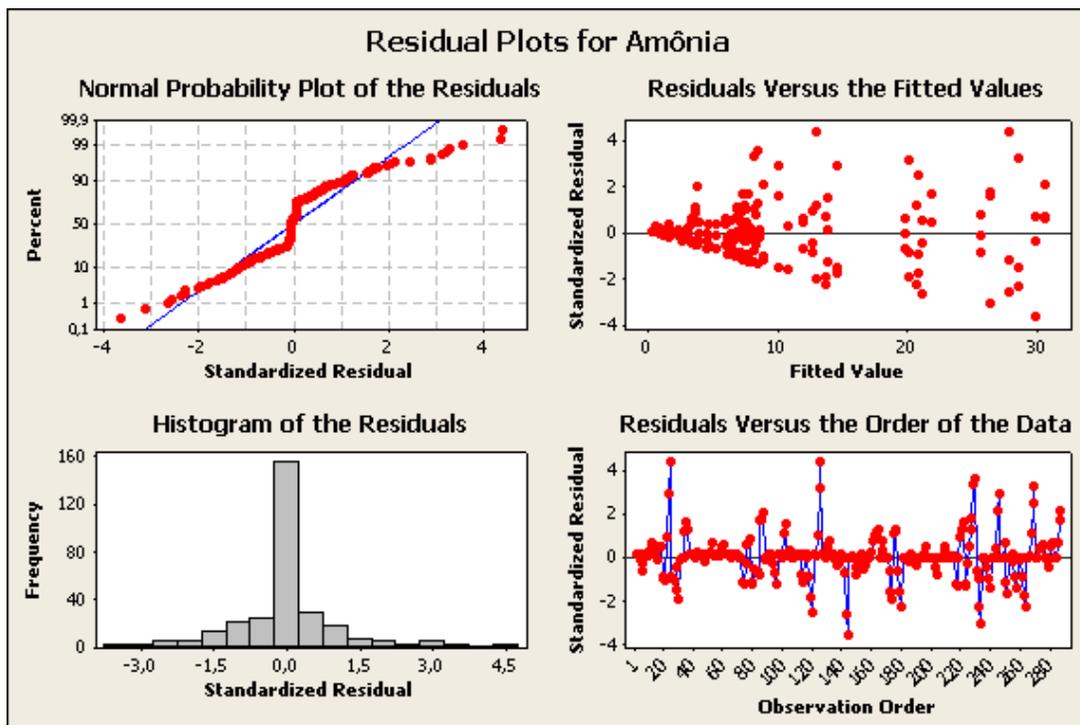
Vanessa E. Pereira
Analista Química

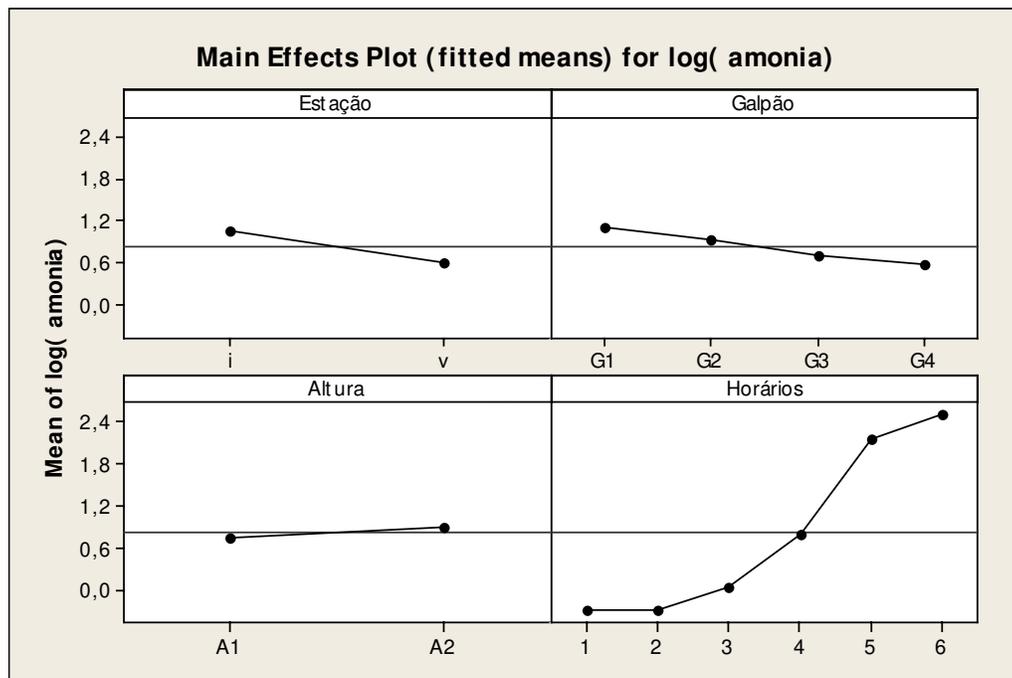
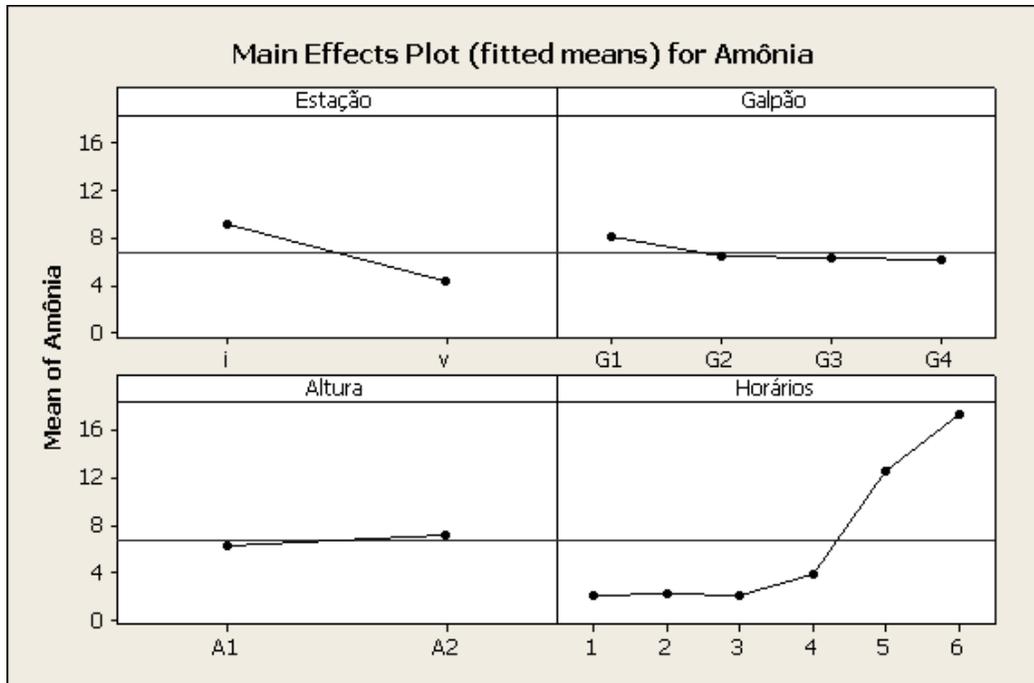
Anexo 6. Análise Estatística

Conforto Térmico Ambiental (IBUTG)



Concentração de Amônia





Ruído Contínuo

