

---

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA

---

**EFEITOS DE PERFURAÇÕES ARTIFICIAIS NO PROCESSO DE  
DECOMPOSIÇÃO EM *SUS SCROFA* (L.) E CONFECÇÃO DE  
UMA *CHECK-LIST* DA ENTOMOFAUNA DE DIPTERA  
VISITANTE, DURANTE INVERNO E VERÃO, NA REGIÃO  
SUDESTE DO BRASIL.**

RICHARD EDGAR MORETTO

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia).

RICHARD EDGAR MORETTO

**EFEITOS DE PERFURAÇÕES ARTIFICIAIS NO PROCESSO DE  
DECOMPOSIÇÃO EM *SUS SCROFA* (L.) E *CHECK-LIST* DA  
ENTOMOFAUNA DE DIPTERA VISITANTE, DURANTE INVERNO E VERÃO,  
NA REGIÃO SUDESTE.**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia).

Orientador: Claudio José Von Zuben

Rio Claro  
2015

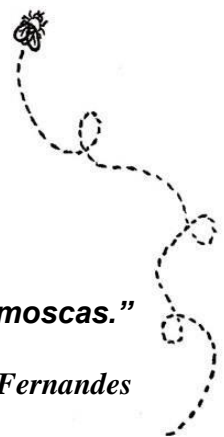
595.77 Moretto, Richard Edgar  
M845e Efeitos de perfurações artificiais no processo de decomposição em *Sus Scrofa* (L.) e check-list da entomofauna de Diptera visitante, durante inverno e verão, na região sudeste / Richard Edgar Moretto. - Rio Claro, 2015  
89 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientador: Claudio José Von Zuben

1. Díptero. 2. Entomologia forense. 3. Moscas-varejeiras. 4. Insetos necrófagos. 5. Faca. 6. Suínos. I. Título.

***“O pior não é morrer. É não poder espantar as moscas.”***

***Millôr Fernandes***



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente às pessoas mais importantes de minha vida: meus pais, Alberto e Marcia, que estiveram sempre juntos comigo, nos momentos mais difíceis durante toda minha vida, e meu irmão e melhor amigo, Rafael, que além de sempre me servir de inspiração e exemplo profissional e pessoal, sempre me apoiou em todas minhas decisões, dando sábios conselhos, sempre prestativo para tudo. A vocês obrigado muito especial pelo amor, companheirismo, força, carinho e confiança mútua por todo este tempo. “Amor de família é a coisa mais inexplicável do mundo, nem um pai consegue dizer para um filho o quanto o ama, nem o filho sabe dizer ao pai, então simplesmente demonstram.”

A todos meus demais familiares que estiveram junto comigo nesta jornada.

Agradeço também ao apoio de todos meus amigos que me apoiaram até aqui, pelo companheirismo, horas de risadas para descontrair a tensão e por todos os momentos felizes que passamos juntos todos esses anos, em especial aqueles mais próximos durante estes dois anos, afinal, amigos são a família que escolhemos ao longo de nosso caminho.

Aos amigos e colegas de laboratório que formam um time ótimo para trabalho, e para happy-hour, sempre que possível.

Um muito obrigado especial ao Dr. Guilherme Gomes, sendo uma pessoa amiga e fundamental para meu trajeto até aqui, me ouvindo, dando dicas e sempre acreditando em mim. Gui, sem você nada disso teria sido possível!

Ao meu amigo, companheiro, tutor, mestre e orientador Prof. Dr. Claudio Von Zuben, que sempre me proporcionou a melhor orientação possível durante cerca de sete anos de trabalhos juntos. Muito obrigado pelo exemplo a seguir, pela força, amizade e companheirismo profissional e pessoal que construímos ao longo destes anos!

Ao Supermercado Pantoja pela venda dos porcos, sem eles o trabalho não teria sido possível.

À CAPES pelo apoio financeiro à pesquisa.

E a todos que de alguma forma puderam contribuir para esta fase de minha vida profissional e pessoal.

## RESUMO

Entomologia forense é a ciência que faz uso de insetos e demais artrópodes associados a carcaças de animais em decomposição, buscando obter informações relevantes sobre local, causa ou tempo de morte. Dentre os insetos de interesse forense, os dípteros em geral são os primeiros a serem atraídos e os mais abundantes a colonizarem uma carcaça em decomposição. O presente estudo teve como objetivo principal analisar quais são os padrões de decomposição, para *Sus scrofa*, de acordo com um aumento de perfurações corporais artificiais, visando inferir uma possível aplicação do mesmo para as Ciências Forenses, simulando casos letais ocasionados através de injúrias no tecido e hemorragia devido à utilização de armas brancas, por exemplo. Foi utilizado um total de seis porcos, três para a estação de Inverno e três para o Verão, nos quais, para cada estação, um dos porcos não apresentava perfurações (Controle), outro apresentando uma perfuração abdominal medindo cerca de 15cm (P1) e um terceiro porco apresentando cinco perfurações abdominais (P5), com cerca de 3cm cada. Para a análise visual do efeito destas perfurações no processo de decomposição, para cada situação, fotos digitais e térmicas foram tiradas diariamente, dataloggers específicos de temperatura (TidBits) foram colocados em vários pontos das carcaças para mensurar as médias de temperaturas diárias ao longo de todo o processo de decomposição. Dípteros adultos foram coletados diariamente, visando-se obter uma *check-list* dos insetos desta ordem que visitaram as carcaças durante todo o experimento, para cada uma das duas estações propostas, inverno e verão. Os resultados mostraram que houve diferença significativa entre cada um dos tratamentos dentro de uma única estação, de forma que, quanto maior a quantidade de perfurações, maior foi a quantidade e velocidade de atração de dípteros para a carcaça, acelerando assim o processo de decomposição. Com relação às diferenças entre as duas estações, a decomposição é cerca de quatro vezes mais acelerada no Verão, fato este que pode ser compreendido através da quantidade de dípteros coletados nesta estação ser consideravelmente maior do que os coletados na estação de Inverno.

**PALAVRAS-CHAVE:** moscas-varejeiras; forense, insetos necrófagos, faca.

## ABSTRACT

Forensic entomology is the science that uses insects and other arthropods associated with animal carcasses under decomposition, seeking relevant information to the body, such as location, cause or time of death. Among the insects of forensic interest, the flies are usually the first and most abundant to colonize a carcass. This study aimed to analyze what are the patterns of decomposition, for *Sus scrofa*, according to a execution of artificial body perforations, aimed the correlation whit forensic sciences, since they cause injury and hemorrhage in the tissues, caused mainly by sidearms, or white weapons. Where used a total of six pigs, three for the winter season and three for the summer, in which, for each season, one of the pigs had no perforations (Control), another had an abdominal perforation measuring about 15cm (P1) and a third pig featuring five abdominal perforations (P5), measuring about 3cm each one. For visual analysis of the effect of these perforations in the decomposition process, in each situation, thermal and digital photos were taken daily, as well as special thermal dataloggers (TidBITS) were placed in various parts of carcasses, to measure the average daily temperatures during the decomposition process. Diptera adults where collected daily in this decomposition sites, aiming to get a check-list of the insects of the order Diptera who visited the carcasses in the period of the experiment, for each season, winter and summer. The results reveals that occurs a significant differences between each treatment for each season: the greater is the number of abdominal perforations, greater is the quantity of decaying flies and the speed of attraction to the substrate too, accelerating, therefore, the decomposition process. Regarding the differences between the two seasons, the decomposition is about four times faster in the summer, a fact that can be understood by the amount of flies collected in this station had been infinitely greater than those collected in the winter season.

KEY-WORDS: blowflies; forensic; carrion insects, knife.

# SUMÁRIO

Página

|  |     |
|--|-----|
| RESUMO .....   | iii |
| ABSTRACT .....   | iv  |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....   | vii |
| LISTA DE TABELAS .....   | ix  |
| CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO, METOLOGIA E CONCEITOS GERAIS  |     |
| 1. Introdução Geral .....  | 1   |
| 1.1 A Ordem Diptera e sua importância no processo de decomposição .....  | 9   |
| 1.2 O papel da temperatura no processo de decomposição .....   | 11  |
| 1.3 Insetos e a estimativa do I.P.M. ....  | 13  |
| 2. Material e Métodos .....  | 15  |
| 3. Referências Bibliográficas .....  | 20  |
| CAPITULO 2 – O PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO ASSOCIADO ÀS MUDANÇAS<br>SAZONAIS DE TEMPERATURA E UMIDADE, DE ACORDO COM AS ESTAÇÕES DO ANO |     |
| 1. Introdução.....   | 26  |
| 2. Objetivos.....  | 30  |
| 3. Material e Métodos.....   | 30  |
| 4. Resultados e Discussão.....   | 31  |
| 4.1. Estação de Inverno.....   | 31  |
| 4.2. Estação de Verão.....   | 36  |
| 5. Conclusões.....   | 40  |
| 6. Referências Bibliográficas.....   | 42  |
| CAPITULO 3 – O PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO ASSOCIADO ÀS PERFURAÇÕES<br>ARTIFICIAIS: UMA ANÁLISE VISUAL E TÉRMICA                        |     |
| 1. Introdução.....   | 45  |
| 2. Objetivos.....  | 47  |
| 3. Material e Métodos.....   | 47  |
| 4. Resultados e Discussão.....   | 49  |
| 4.1. Primeira parte: Inverno.....  | 49  |
| 4.1.1. Análise Térmica.....  | 58  |
| 4.2. Segunda parte: Verão.....   | 59  |
| 4.2.1. Análise Térmica.....  | 66  |



|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 5. Conclusões.....                 | 68 |
| 6. Referências Bibliográficas..... | 69 |

CAPITULO 4 – “*CHECKLIST*” DE DIPTERA NECRÓFAGA DURANTE O PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO EM *SUS SCROFA*, EM DUAS ESTAÇÕES DO ANO, INVERNO E VERÃO.

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 1. Introdução.....                 | 71 |
| 2. Objetivos.....                  | 75 |
| 3. Material e Métodos.....         | 75 |
| 4. Resultados e Discussão.....     | 76 |
| 5. Conclusões.....                 | 84 |
| 6. Referências Bibliográficas..... | 86 |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Área de estudo, indicando o posicionamento das três carcaças, distantes 25m cada.....   | 16 |
| Figura 2 - Diagrama representativo mostrando a disposição dos porcos na área de estudo e dos TidBits em cada um dos tratamentos.....         | 17 |
| Figura 3 - Duração das fases de decomposição, em dias, para os três tratamentos propostos, durante o experimento do Inverno.....             | 35 |
| Figura 4 - Fotos digitais mostrando os momentos de maior inchaço, durante o inverno, para os tratamentos: a) controle; b) P1 e c) P5.....    | 36 |
| Figura 5 - Duração das fases de decomposição, em dias, para os três tratamentos propostos, durante o experimento do Verão.....               | 39 |
| Figura 6 - Fotos digitais mostrando os momentos de maior inchaço, durante o verão, para os tratamentos: a) controle; b) P1 e c) P5.....      | 39 |
| Figura 7 - Locais de colocação dos TidBits nos porcos, representando a) boca, b) ânus e c) perfuração.....                                   | 48 |
| Figura 8 - Variação de temperatura nos três tratamentos, durante os dias de experimento, para o Inverno.....                                 | 51 |
| Figura 9 - Oscilações de temperatura para os três tratamentos, durante o Inverno, acrescentando-se a temperatura ambiente.....               | 52 |
| Figura 10 - Temperaturas reais produzidas pelos aglomerados larvais nos tratamentos (temp. ambiente - temp. porco).....                      | 53 |
| Figura 11 - Agrupamentos das médias de temperaturas totais para cada um dos tratamentos, mostrando a diferença significativa por grupos..... | 54 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 12 - Agrupamentos das porções (Boca, ânus e perfuração), para cada um dos tratamentos, mostrando a diferença de temperatura média entre eles..... | 56 |
| Figura 13 - Fotografias térmicas para os tratamentos durante o Inverno.....  | 58 |
| Figura 14 - Variação de temperatura nos três tratamentos, durante os dias de experimento para o Verão.....   | 61 |
| Figura 15 - Oscilações de temperatura para os três tratamentos, durante o Verão, acrescentando-se a temperatura ambiente.....                            | 62 |
| Figura 16 - Temperaturas reais produzidas pelos aglomerados larvais nos (temp. ambiente - temp. porco).....  | 63 |
| Figura 17 - Agrupamentos das médias de temperaturas totais para cada um dos tratamentos, mostrando a diferença significativa por grupos.....             | 63 |
| Figura 18 - Agrupamentos das porções (boca, ânus e perfuração), para cada um dos tratamentos, mostrando a diferença de temperatura média entre eles..... | 65 |
| Figura 19 - Imagens térmicas para os tratamentos durante o Verão.....  | 67 |
| Figura 20 - Quantidades de famílias e espécies de Diptera coletadas durante o Inverno.....   | 78 |
| Figura 21 - Quantidades de famílias e espécies de Diptera coletadas durante o Verão.....   | 81 |
| Figura 22 - Comparação entre o número de famílias e espécies coletadas em cada uma das estações do experimento: Inverno e Verão.....                     | 82 |
| Figura 23 - Comparação entre quantidade larval no inverno (a) e no verão (b).....  | 83 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Valores de temperatura, umidade e pluviosidade diários durante o experimento de Inverno (Junho, Julho e Agosto de 2013).....                       | 32 |
| Tabela 2 - Duração das fases de decomposição, em dias, para os três tratamentos durante a estação de Inverno.....   | 34 |
| Tabela 3 - Valores de temperatura, umidade e pluviosidade diários durante o experimento de Verão (Fevereiro de 2014).....                                     | 37 |
| Tabela 4 - Duração das fases de decomposição, em dias, para os três tratamentos durante a estação de Verão.....   | 38 |
| Tabela 5 - Grau de significância ( $p < 0,001$ ) e o valor de F (22), quando comparamos os dias de cada um dos tratamentos para o experimento no inverno..... | 50 |
| Tabela 6 - Valores correlatos entre os tratamentos e porções do corpo, mostrando os valores de p e F para os testes estatísticos.....                         | 55 |
| Tabela 7 - Teste a posteriori de Bonferroni, mostrando que há diferença significativa (valores em vermelho) entre os três tratamentos.....                    | 57 |
| Tabela 8 - Grau de significância ( $p < 0,001$ ) e o valor de F (86), quando comparamos os dias de cada um dos tratamentos para o experimento no verão.....   | 60 |
| Tabela 9 - Valores correlatos entre os tratamentos e porções do corpo, mostrando os valores de p e F para os testes estatísticos.....                         | 64 |
| Tabela 10 - Teste a posteriori de Bonferroni, mostrando que há diferença significativa (valores em vermelho) entre os três tratamentos.....                   | 66 |
| Tabela 11 - Espécies de Diptera coletadas durante a estação fria/seca – Inverno.....  | 77 |
| Tabela 12 - Espécies de Diptera coletas durante a estação quente/úmida – Verão....  | 79 |

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO, METODOLOGIA E CONCEITOS GERAIS.

### 1. Introdução Geral

Todo ser vivo cumpre seu ciclo de vida com a morte. Após a morte, é inevitável e inegável que ocorra o processo de decomposição de tecidos biológicos, incluindo humanos, realizado tanto por fungos e bactérias, como também por alguns vertebrados e invertebrados, principalmente insetos (NUORTEVA, 1974). É neste contexto que surgem diversos estudos acerca da decomposição de carcaças animais por artrópodes, principalmente insetos.

Entomologia Forense é a área de investigação científica que estuda a biologia e ecologia de insetos, dentre outros artrópodes, associados a animais em decomposição e a outras situações econômicas e sociais, como por exemplo, artrópodes associados a alimentos embalados, o uso destes invertebrados para relatar maus tratos a crianças e idosos, a grande relação destes animais coexistindo com o ambiente urbano, enquanto pragas comuns em área urbana, como por exemplo cupins e baratas, dentre outras aplicações. Portanto, a entomologia forense visa obter informações importantes e relevantes que auxiliem em procedimentos legais, casos litigiosos, ou ainda em uma determinada reconstrução de uma cena criminal (BENECKE, 2001).

Catts & Haskell (1990) enumeram diversas aplicações dos estudos de decomposições de carcaças animais no tocante criminal, como por exemplo: a determinação do tempo de morte (IPM); local, causa e tipo de morte; se houve ou não movimentação do cadáver; presença ou não de substâncias tóxicas; associação de suspeitos com a cena do crime, entre outras, colaborando para a elucidação de casos de mortes violentas que envolvam a presença de insetos no processo de decomposição, fornecendo subsídios para investigações e conclusões futuras. Várias outras aplicações da entomologia forense podem ser enumeradas, como a determinação do tempo de morte (intervalo pós-morte ou IPM), local da morte ou ainda da deposição do corpo, modo ou causa da morte (*causa mortis*); movimento do corpo após a morte; associação dos suspeitos com a cena do crime; investigação de

substâncias tóxicas presentes no corpo e suas implicações na decomposição, entre outros (THYSSEN, 2011).

Quanto à sua aplicabilidade, Lord & Stevenson (1986) fragmentam a Entomologia Forense em três grandes ramos:

- Entomologia urbana: condizendo com os possíveis efeitos que insetos causariam em construções urbanas, danificando-as, ou ainda na destruição de jardins residenciais;
- Entomologia de produtos estocados: contaminação por insetos durante o processo de fabricação de mantimentos ou ainda em redes de *fast-food*, havendo necessidade de entomólogos forenses para possíveis conclusões se o inseto realmente estava presente desde o processo de produção ou não;
- Entomologia médico-legal: insetos utilizados em casos de mortes violentas, para elucidar fatores como intervalo pós-morte, causas e local da morte, entre outros, envolvendo quase sempre casos legais/judiciais de assassinatos, genocídios, suicídios, estupros, etc.

No final do Século I, o reitor romano Marcus Fabius Quintiliano traçou o que foi chamado de “O Postulado da Retórica”, também conhecido como “Heptâmero de Quintiliano”. Em seu postulado, sete indagações eram necessárias para elucidar qualquer dúvida do público e para realizar e disciplinar qualquer tipo de discurso: *quis, quid, ubi, quibus, auxiliis, cur, quomodo e quando* (que, quem, como, onde, por que meio, como e quando). Tais questionamentos são usados até hoje de forma adaptada para a elucidação legal de crimes no dia-a-dia (BARBOSA, 2011). Um fato que merece destaque é que a Entomologia Forense é capaz de sanar grande parte das sete questões propostas por Quintiliano, apenas analisando fatores como incidência, procedência, ciclo de vida, habitat e outros conhecimentos acerca dos insetos que participam do processo de decomposição.

Com base nisto, Oliveira-Costa (2007) destacou que cinco questionamentos devem ser respondidos com relação aos casos de morte violenta: quem é a vítima, como a morte ocorreu, quando ocorreu e se foi natural, acidental ou ainda se há implicações no âmbito criminal. Os conhecimentos em entomologia podem auxiliar a

desvendar tais questionamentos, principalmente aqueles que condizem com estimativas de IPM.

Durante este intervalo (IPM), existem estágios de decomposição que se sucedem na forma de um padrão comum para todos os indivíduos, desde o início até o fim do processo de decomposição. Nesses estágios, são encontradas diferentes ordens de insetos, que decompõem os cadáveres em um determinado padrão de sucessão, ou seja, insetos diferentes podem vir a colonizar a carcaça em tempos diferentes durante todo o processo de decomposição, seguindo de modo geral um padrão de desintegração da matéria, desde a colonização até o término total da decomposição (OLIVEIRA-COSTA, 2007).

A decomposição, desta forma, é um processo contínuo, mas, didaticamente, pode ser dividido em fases para facilitar estudos que envolvam uma escala temporal/funcional. Bornemissza (1957) descreveu o processo de decomposição como um mecanismo de transformação de matéria, composto de cinco estágios comuns para todo e qualquer cadáver que passe por decomposição e destacadas para suínos nos trabalhos de EARLY & GOFF (1986):

- I) *Deterioração Inicial ou a Fresco;*
- II) *Putrefação ou Inchaço;*
- III) *Putrefação Negra*
- IV) *Decomposição Ativa;*
- V) *Seco ou Final, definindo o processo de decomposição.*

- I) **Inicial ou Fresco:** tem início a partir do momento que sucede a morte do animal, marcada por um início de perda de temperatura, até que esta chegue à temperatura ambiente onde o corpo se encontra. Nesta fase, ocorre o fenômeno de ***rigor mortis***, obrigatório para todo e qualquer corpo submetido ao processo de decomposição.
- II) **Putrefação ou Inchaço:** esta fase inicia-se com um esverdeamento da parede do corpo, principalmente da região abdominal baixa, que

aumenta consideravelmente de volume. Tal coloração esverdeada se dá pela liberação principalmente de hidróxido de enxofre, que é liberado com o rompimento interno do intestino, fazendo com que ocorra tal coloração e expansão abdominal nítida (processo este denominado de “*greenish coloration*”). Com a migração de gases para a superfície da pele, ocorre a formação de bolhas e possíveis liberações de líquidos por toda a superfície corpórea, aumentando a atratividade dos insetos pela carcaça. É neste momento que partes da cabeça e o ânus começam a ser degradados pela ação de larvas de insetos, que buscam os orifícios, naturais ou artificiais, para dar continuidade ao seu ciclo de vida.

- III) **Putrefação Negra ou Deterioração:** é caracterizada pela grande perda de biomassa e rompimento dos tecidos cutâneos. Isto se dá pela grande atividade de larvas, principalmente de Diptera, gerando uma liquefação das partes moles.
- IV) **Decomposição Ativa:** após grande deterioração por larvas de artrópodes, a carcaça agora começa a ficar enrugada devido à evaporação tegumentar. Nesta fase, a quantidade de larvas de Diptera tende a diminuir, enquanto que as larvas de Coleoptera tendem a começar a surgir.
- V) **Seco ou Final:** restam na carcaça apenas os ossos, pelos, fragmentos de pele e em alguns casos uma leve quantidade de tecido liquefeito.

Tais fases são decorrentes de mudanças químicas, físicas e biológicas (COE & CURRAN, 1980) e ocorrem de modo não uniforme em todos os pontos do mundo, estando dependentes de fatores climáticos e sazonais (BORNEMISSZA, 1957).

Desta forma, é essencial saber que decomposição é um processo natural, responsável pelo retorno de nutrientes e energia para o ecossistema. Uma carcaça em decomposição representa um recurso nutricional temporário para uma grande variedade de organismos, principalmente artrópodes. Dentre estes, os insetos necrófagos são aqueles que utilizam a matéria orgânica em decomposição como fonte protéica para promover o desenvolvimento ovariano, ou como fonte de recursos para suas fases imaturas (NUORTEVA, 1977). São os principais representantes da



comunidade que está envolvida no processo de decomposição. Suas atividades podem acelerar a putrefação e a desintegração do corpo. Além disso, cada momento da putrefação cadavérica oferece condições e características próprias que atraem determinados grupo de insetos, desde moscas até besouros (PROÊNCIO, 2011).

É de extrema importância o reconhecimento de quais espécies participam de cada um dos estágios de decomposição, além do conhecimento do tempo de duração de cada estágio, uma vez que é sabido que existe uma certa linearidade temporal de acordo com as ordens de insetos de âmbito forense. Um bom exemplo de tal fato ocorre quando comparamos a chegada de duas grandes ordens de insetos associados à carcaças em putrefação, Diptera e Coleoptera. Enquanto a primeira ocorre principalmente em estágios iniciais de decomposição, exemplares da segunda somente começam a aparecer após alguns dias de processo, em estágios mais avançados de decomposição dos tecidos, mostrando, assim, uma certa sucessão de acordo com a preferência e/ou necessidade alimentar de cada um (SMITH, 1986).

O processo de decomposição é influenciado por diversos fatores, tanto bióticos como abióticos, ocorrendo em diversas velocidades e condições. Dentre os fatores abióticos podem ser citados temperatura, umidade relativa do local, índice pluviométrico, quantidade absorvida de luminosidade, variações sazonais climáticas entre outros. Já com relação aos fatores bióticos, podem ser destacadas a diversidade e quantidade de fauna decompositora no local, a causa da morte, o estado do corpo após a morte, entre outros (MONTEIRO-FILHO & PENEREIRO, 1987).

Diversos são os estudos envolvendo os fatores que interferem no processo de decomposição de animais, principalmente com relação aos bióticos, no que tange principalmente à velocidade e capacidade de decomposição de carcaças, tanto em países tropicais quanto em países temperados, onde a distinção do clima é mais evidente, como será destacado a seguir.

Moura *et al.* (1997), através de carcaças de roedores na região de Curitiba, PR, compararam as diferenças de colonização de insetos em duas regiões distintas: zona urbana e mata semi-decidual densa, demonstrando que algumas espécies de dípteros ocorrem apenas em uma região, ou em outra, sendo de fundamental importância tal determinação quando é analisado o local da morte, associando com a presença ou não destas espécies.

Souza & Linhares (1997) demonstraram a preferência de algumas espécies de Calliphoridae por sombra na colocação de ovos em oito carcaças de suínos na região de Campinas, SP, enquanto que outras tantas dão preferência para as carcaças expostas totalmente ao sol.

Thyssen (2000) comparou e analisou em diferentes tamanhos de carcaças de suínos, a velocidade de decomposição e abundância de espécies para cada uma delas, observando que recursos de tamanhos diferentes apresentam características peculiares de decomposição.

Carvalho & Linhares (2001) compararam a decomposição de carcaças de suínos envolvendo sombra e luz, através de coletas de moscas em ambos os microambientes e confecção de uma lista de dípteros de interesse forense.

Além dos estudos de autores brasileiros supracitados envolvendo fatores abióticos no processo de decomposição, estudos já foram feitos tomando por base o efeito da temperatura no desenvolvimento larval de dípteros (HANSKI, 1987). Dados como estes são de extrema importância na ciência forense, uma vez que, sabendo-se a taxa de desenvolvimento larval para cada espécie e relacionando fatores como um aumento ou diminuição de temperatura durante a decomposição (por fatores externos como, por exemplo, um aumento do número de orifícios na pele ou por fatores internos como o uso de drogas lícitas ou não pela vítima, por exemplo), deixam muito mais precisas inferências do IPM para a vítima.

Ainda pode ser considerada incipiente a pesquisa envolvendo manipulação de fatores bióticos, como causa da morte, no processo de decomposição. Utsumi (1958), comparando o processo de decomposição entre ratos e cães mortos de diferentes maneiras, como afogamento, carbonização, envenenamento, entre outros, comprovando que a causa da morte tem influência direta na taxa de decomposição cadavérica, podendo alterar a velocidade de decomposição e a sucessão ecológica da fauna visitante no corpo. Payne (1965) foi mais além e comparou a decomposição com a presença e com a ausência de artrópodes, isolando carcaças e comprovando que a desintegração total das mesmas ocorre de maneira exponencialmente mais rápida naquelas que foi possível a chegada destes invertebrados.

Mais atualmente, e ainda para o Brasil, Proêncio, em 2011, analisou o efeito da carbonização de carcaças suínas no tempo de decomposição, destacando a

atratividade e diversidade de artrópodes de interesse forense. Para a realização do trabalho, a autora utilizou-se de cinco graus de queimadura para os suínos, variando desde queimaduras superficiais até aquelas que causavam total consumo dos tecidos moles. Ela concluiu que a variedade, quantidade e sucessão de artrópodes que colonizam as carcaças de suínos em decomposição variam de acordo com o grau de queimadura apresentada.

A fauna associada aos corpos em decomposição pode ser classificada de acordo com o tipo de atuação dos animais naquele meio, podendo esses estarem divididos em:

- a) **Necrófagos** (aqueles que se alimentam diretamente dos tecidos do cadáver);
- b) **predadores e parasitas** (que atacam os necrófagos);
- c) **onívoros** (que se utilizam tanto dos tecidos do cadáver quanto dos outros necrófagos como alimento);
- d) **acidentais** (aqueles que utilizam a carcaça como abrigo ou acidentalmente são encontrados junto ao corpo, mas não se alimentam do mesmo), com estudos baseados em uma sucessão entomológica na carcaça em decomposição, de acordo com a preferência alimentar de cada família (SMITH, 1986; CRUZ & VASCONCELOS, 2006).

Os insetos são rapidamente associados com a colonização de carcaças pelo fato deles serem rapidamente atraídos para estas, logo após a morte, se estas estiverem em ambiente natural (ANDERSON & VANLAERHOVEN, 1996). Para tais, a oviposição é estimulada pela presença de amônia, que é liberada da carne putrefata e atua como ferormônio para reprodução (ASHWORTH & WALL, 1994). As fêmeas ainda se utilizam da carne como fonte protéica para desenvolvimento dos folículos ovarianos e como sítio de oviposição, que se apresenta como uma grande quantidade de alimento para o desenvolvimento adequado das larvas (BARTON BROWNE *et al.*, 1969).

Tomando como base a ampla gama de artrópodes necrófagos (aqueles que se utilizam de matéria orgânica em decomposição para sua alimentação), dentre os muitos visitantes de cadáveres em decomposição, o grupo de insetos da ordem Diptera, principalmente envolvendo as moscas-varejeiras, merece atenção especial,

uma vez que elas geralmente são as primeiras a colonizarem as carcaças, pelo fato de possuírem receptores químicos capazes de reconhecer o odor da carne putrefata a grandes distâncias (CHAPMAN & HALL, 1994; SOUZA & LINHARES, 1997).

Essas moscas-varejeiras são ainda de fundamental importância no ramo da Entomologia Forense por serem, dentre outros aspectos, boas indicadoras do tempo de decomposição de cadáveres, comumente referido como IPM (WELLS & GREENBERG 1992; GOMES *et al.* 2003). São ainda bastante utilizadas em estudos com âmbito forense pelo fato de possuírem alta taxa de fertilidade por indivíduo e serem facilmente mantidas sob condições laboratoriais, necessitando apenas de água e açúcar para sua manutenção a longo prazo (D'ALMEIDA & OLIVEIRA, 2002).

É possível fazer uma estimativa do IPM através da taxa de desenvolvimento das espécies de dípteros – ou ainda de outras ordens de insetos – encontrados em um corpo. Para tal, devem ser consideradas algumas condições de alteração dessa taxa, tanto abióticas (velocidade do vento, umidade relativa do ar, variações de temperatura, presença ou ausência de coberturas corpóreas como roupas, por exemplo) (SMITH, 1986; MONTEIRO-FILHO & PENEREIRO, 1987); como bióticas (presença ou ausência de drogas, densidade larval, dispersão pós-larval e outras interações intra e interespecíficas) (GRASSBERGER & REYTER, 2002).

A entomofauna, principalmente de dípteros, associada a corpos em decomposição, varia de acordo com as áreas geográficas e a sazonalidade do clima ao longo do ano (CARVALHO *et al.*, 2004). Por isso, é de fundamental importância saber quais são as espécies visitantes em carcaças em condições ambientais diferentes (temperatura e umidade).

### **1.1. A ordem Diptera e sua importância no processo de decomposição**

A ordem Diptera, que compreende moscas, mosquitos e afins, é um dos grupos de insetos mais diversos, tanto ecologicamente quanto em termos de riqueza de espécies. Estima-se que 150 mil espécies de Diptera, classificadas em cerca de 10 mil gêneros, de 188 famílias, tenham sido descritas (Thompson, 2006).

Moscas-varejeiras compõem um grupo taxonômico que apresenta desenvolvimento holometábolo e/ou completo, ou seja, que apresenta em seu

desenvolvimento as fases de ovo, larva, pupa e imago. Já durante a fase imatura, as larvas permanecem em substratos efêmeros e discretos, como por exemplo carcaças e fezes (ATKINSON & SHORROCKS, 1981), recursos esses em que geralmente são as primeiras a chegar.

Além disso, algumas espécies de moscas-varejeiras também possuem necessidades nutricionais e comportamento alimentar semelhantes e/ou únicos (GUIMARÃES *et al.*, 1983). Uma característica típica durante a alimentação de larvas de moscas-varejeiras é a formação de agregados alimentares, na qual as larvas só conseguem se alimentar desde que estejam agrupadas em números grandes de indivíduos, onde ocorre um grande aumento de temperatura nesses locais (REIS *et al.*, 1994). Isto pode ocorrer pelo fato de que quando estas formam o agregado, a temperatura da região onde se encontram aumenta substancialmente, além de conseguirem uma maior eficiência no processo de digestão extracelular do substrato onde estão se alimentando. Em decorrência disso, as larvas de moscas-varejeiras exploram os recursos alimentares com diferentes níveis de agregação espacial, dependendo de diversos fatores, tais como: tamanho da carcaça, quantidade de perfurações corporais, presença de predadores e/ou competidores e densidade intra e interespecífica (WELLS & GREENBERG 1992; GOMES *et al.* 2003; VON ZUBEN *et al.*, 2000).

Um fato que merece destaque é que as temperaturas dos agregados larvais tendem a se diferenciar daquelas do ambiente, chegando a apresentar diferenças de até 10 °C dependendo da temperatura ambiente (GREENBERG, 2002; GOMES *et al.*, 2008). Entretanto, não se sabe muito bem ainda qual a relação entre os orifícios corporais não-naturais, presença de agregados larvais relacionados e sua variação de temperatura durante o processo de decomposição, podendo haver algum grau de alteração no tempo de tal processo, em comparação com outras situações envolvendo cadáveres apenas com seus orifícios naturais.

Ainda de acordo com Gomes *et al.* (2008), a agregação age como um mecanismo promotor da coexistência, alterando as taxas de competição intra e interespecífica. Apesar da grande importância destes agregados no processo de decomposição, principalmente nas regiões com ligação entre o interior e o exterior da carcaça (orifícios naturais e artificiais), até o momento, nenhum trabalho foi feito analisando quais seriam as implicações de diferentes tipos e números de orifícios

em uma carcaça, com mais orifícios tendendo a aumentar a concentração de agregados larvais, aumentando a presença de pontos quentes onde estão essas perfurações, e possivelmente causando uma alteração na taxa de desenvolvimento e decomposição para a espécie de inseto e o espécime estudado como substrato, respectivamente.

Dentro da ciência forense, diversos são os relatos que envolvem casos de mortes por perfurações, sejam elas realizadas por facas ou por armas de fogo (ALUNNI-PERRET *et al.*, 2003). Devido a esse fato, é de fundamental importância saber quais são as implicações desses tipos de morte no que diz respeito à taxa de decomposição cadavérica, uma vez que um aumento do número de perfurações corporais (além das cavidades naturais) pode ocasionar um aumento dessa taxa de decomposição do cadáver, principalmente devido a uma eventual mudança no ritmo metabólico do desenvolvimento das larvas de insetos necrófagos, ou seja, na velocidade de desenvolvimento para os ínstares larvais para este grupo (CATTS, 1992; PIEN *et al.*, 2004).

Pelo exposto anteriormente, é muito importante estudar detalhes da decomposição de um cadáver, considerando diferentes cenários possíveis, e sua influência na sucessão da entomofauna cadavérica visitante, sendo a justificativa do presente trabalho a carência de estudos de decomposições de carcaças com orifícios artificiais, fato este que é infelizmente bastante comum em casos de morte no Brasil e no mundo. A comparação com o desenvolvimento em carcaças sem perfurações artificiais, a temperatura interna, as estações do ano e ainda um levantamento da entomofauna de dípteros necrófagos serão de fundamental importância no âmbito das ciências forenses, principalmente em trabalhos futuros envolvendo a taxa de decomposição cadavérica e a Entomologia Forense.

Ainda dentro dos estudos forenses, a carne suína, principalmente da espécie *Sus scrofa* (suíno utilizado comercialmente em mercados e açougues), vem sendo bastante utilizada em estudos neste âmbito, devido ao fato de ser relativamente fácil se conseguir tal carne e também ao fato da semelhança morfológica, histológica e funcional entre carne suína e humana, como por exemplo, espessura do tegumento, tamanho da cavidade torácica, entre outros; deixando muito mais preciso o estudo forense quando se utilizam suínos como modelo, em substituição a cadáveres humanos (ERZINÇLIOGLU, 1983).

## 1.2. O papel da temperatura no processo de decomposição

Durante todo o processo, que ocorre sob a forma de ciclagem de matéria, ocorre também um equilíbrio constante de energia, através de uma relação entre a quantidade de energia fixada e o custo energético para cada um dos processos que envolvem a decomposição, como a fermentação ana/aeróbica e a digestão larval extra/intracelular (CONNEL & SLAYTER, 1977). Em tal equilíbrio, ocorre grande liberação de energia, liberada principalmente sob a forma de calor. Esta liberação de calor é resultado de reações metabólicas tanto de fermentação química que ocorre naturalmente pela ação de gases durante o processo de decomposição, como ainda da ação de microrganismos como bactérias ou ainda invertebrados em fase larval, que durante todo o processo estão se alimentando da carne putrefata e, constantemente, liberando calor através da movimentação e digestão.

É neste contexto que entra a importância da temperatura para que ocorra o processo de decomposição, pois este aumento “intuitivo” de calor (assim chamado, pois, para mamíferos, por exemplo, o corpo não está mais produzindo calor após a morte) pode vir a acelerar o processo de decomposição, uma vez que o calor passa a atuar como catalizador para diversas reações que envolvem tal processo.

Cabe destacar que a temperatura influencia diretamente a taxa de desenvolvimento larval, para o caso de insetos necrófagos. Dados concretos mostram que a temperatura do interior da carcaça é consideravelmente superior à temperatura do ambiente e do solo ao redor, de forma a atingir alguns picos máximos principalmente nos estágios intermediários de decomposição. Essa considerável diferença entre as temperaturas da carcaça e do ambiente, se dá principalmente pela alta atividade metabólica das bactérias e larvas de dípteros decompositores que se encontram presentes na carne putrefata (PAYNE, 1965).

É importante salientar a constante dependência destes insetos em relação à temperatura, uma vez que as larvas, através da formação de agregados, conseguem aumentar consideravelmente a temperatura no ponto em que estão se alimentando, conseguindo, assim, realizar a digestão (extracelular a princípio) onde estão presentes (GOMES *et al.*, 2008). Portanto, dependem diretamente deste aumento de temperatura para conseguir se alimentar de tal substrato e atingir seu grau máximo de desenvolvimento, estando prontas para empupar.

Payne (1965) deixa claro em seu trabalho a dependência entre atividade dos insetos e temperatura do ambiente, dizendo que tais invertebrados são mais influenciados pela temperatura (sob o ponto de vista metabólico) do que por qualquer outro fator ambiental. É neste contexto que cabe a pergunta sobre se há ou não diferença na decomposição de tecidos animais em estações do ano em que a temperatura é facilmente distinguível: verão e inverno.

Comparando a atividade de insetos com diferenças climáticas de temperatura e umidade, Graham-Smith (1916) mostrou que a atividade de insetos necrófagos é muito mais intensa em temperaturas e umidades elevadas, e que estes quase não aparecem em dias nublados, frios e secos, alterando consideravelmente o tempo de decomposição da carcaça em si, tanto pelas condições climáticas quanto pela presença/ausência de insetos decompositores.

### **1.3. Insetos e a estimativa do IPM**

Quando os insetos se tornam as principais evidências de intervalo de tempo correspondente entre a morte e ao descobrimento de um corpo sem vida, tal estimativa de tempo pode ser feita basicamente por dois métodos que utilizam o ciclo de vida destes insetos, de acordo com o estágio de putrefação do corpo encontrado e do ciclo de vida destes invertebrados (CANEPARO *et al.*, 2012). Catts (1992), discute em seus trabalhos os dois métodos principais de se estimar o IPM, o mínimo e o máximo, sendo o primeiro uma visualização rápida de quais são as fases do ciclo de vida do inseto encontradas na carcaça, e o segundo método levando em consideração todo o processo de sucessão entomológica presente.

Durante os estágios iniciais de decomposição, tal estimativa pode ser feita através de análises de idade das larvas de Diptera coletadas, retirando dados como massa e comprimento total, tendo como base que tais insetos são os pioneiros na colonização das carcaças, podendo ovipositar em tal substrato poucas horas após a morte deste (ANDERSON & VANLAERHOVEN, 1996). Sendo assim, é de fundamental importância que estudos de biologia, identificação e ecologia destes insetos sejam realizados, buscando cada vez mais aumentar a gama de conhecimento acerca deles e facilitando assim estudos com âmbito forense, que venham a utilizá-los como evidências em casos litigiosos.



Quando são elencados alguns dos papéis que a Entomologia Forense oferece para estudos litigiosos, além da estimativa do IPM, estão:

- se houve ou não deslocamento do corpo de um local para outro;
- qual o intervalo de tempo existente entre a morte e a última vez que a vítima foi vista com vida (IPM);
- se existe relação com o uso de substâncias tóxicas com a causa do óbito, e o quanto esta influencia no processo de decomposição;
- na identificação de suspeitos, pela utilização de DNA proveniente do conteúdo do aparelho digestivo de insetos necrófagos ou hematófagos.

## **2. Material e Métodos**

Todo o experimento foi realizado no município de Rio Claro (22° 24' 39"S 47° 33' 39"O), estado de São Paulo, Brasil, durante o intervalo de tempo de um ano.

Foram expostos seis porcos (*Sus scrofa*), três deles durante a estação seca (inverno/julho) e três durante a estação chuvosa (verão/janeiro). Os porcos foram comprados recém-mortos de um supermercado da cidade, sem nenhuma injúria externa que comprometesse o experimento e com um peso de 10 +/- 0,5Kg.

Eles foram preparados para se adequarem à metodologia, proposta no experimento da seguinte forma:

- Espécime 1: realização de uma única perfuração ventral, medindo 15 centímetros, desde o osso esterno até a região baixa do colo do abdômen;
- Espécime 2: realização de cinco furos ventrais de 3cm de diâmetro, atravessando esôfago, coração, intestino e estômago.
- Espécime 3: controle, sem quaisquer perfurações artificiais.

Cada uma das perfurações foi feita com uma faca de metal medindo 20 centímetros de comprimento, por 5 centímetros de largura, com lâmina não serrilhada.

Cada um dos porcos foi colocado em uma gaiola de metal com dimensões de 80x60x40cm, visando evitar a influência de fatores externos, como ação humana ou predadores naturais, colocados em um mesmo padrão vegetacional (ambiente de área urbanizada). Os três indivíduos distavam 25 metros um do outro.

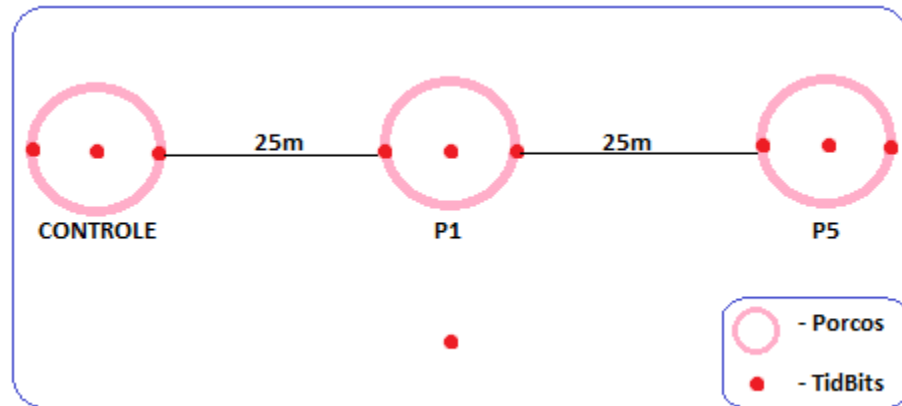
O mapa abaixo (Figura 1) mostra a disposição das gaiolas no terreno de estudo, com os locais específicos para a colocação de cada uma delas destacados em pontos vermelhos.



**Figura 1.** Área de estudo, indicando o posicionamento das três carcaças, distantes 25m cada.

Após a realização das devidas perfurações, dataloggers de temperatura da marca *Tidbit/Onset*<sup>®</sup> foram colocados em cada um dos orifícios dos porcos, tanto os naturais como os produzidos artificialmente, para a obtenção de dados de temperatura desses microambientes, além da coleta de dados de temperatura e umidade ambientes, adquiridos através do Centro Meteorológico de Rio Claro (CEAPLA). Cada temperatura foi medida e computada automaticamente pelos sensores em intervalos de tempo de dois em dois minutos, sendo assim possível observar a temperatura média diária em cada um dos orifícios durante todo o processo de decomposição, para posteriores comparações entre cada um dos casos.

A figura abaixo (Figura 3) ilustra como foram colocados os Tidbits em cada um dos porcos do experimento, assim como a disposição desses de acordo com cada um dos tratamentos: controle, porco com uma perfuração (P1) e porco com cinco perfurações (P5).



**Figura 2.** Diagrama representativo mostrando a disposição dos porcos na área de estudo e dos TidBits em cada um dos tratamentos

Na figura 2, os pontos vermelhos representam os dataloggers, sendo 3 por tratamento (boca, ânus e região central interna de cada um), além de um sensor externo (ambiente), colocado em um frasco com água, isolado, para que fosse possível a comparação entre cada um dos citados anteriormente com o datalogger ambiente.

Além de dados quantitativos de temperatura, durante todo o processo foram tiradas fotos térmicas diárias de uma visão geral de cada um dos cadáveres, com câmeras com sensores infravermelhos do modelo SC 640 (*Flir Systems*) como complemento às médias de temperaturas diárias. Foram feitas termografias em intervalos de tempo de 24 horas (sempre às 13:00 horas de cada dia durante o experimento), até o final da decomposição (até o período final proposto por Bornemissza (1957)) e montados gráficos térmicos para cada um dos locais analisados. Isso possibilita uma visão mais precisa de quais seriam as reais interferências de perfurações artificiais no processo de decomposição, seja no grau de colonização por insetos necrófagos, ou ainda no tempo de decomposição, verificadas qualitativamente e quantitativamente através de dados de temperatura e de espécies de Diptera coletadas, além de alterações regionais na decomposição pela análise das imagens térmicas.

Além das fotos térmicas, foram feitas diariamente fotos digitais com ênfase nos orifícios, tanto naturais quanto artificiais, para uma análise mais precisa da decomposição da carcaça nos pontos-chaves do experimento, ou seja, as perfurações. Tornou-se possível, assim, uma comparação entre ambas as fotos, térmicas e digitais, maximizando as condições de discussão para os resultados.

Outra parte do experimento a observação e registro das espécies de moscas visitantes em cada uma das carcaças. Para isso, foram feitas coletas diárias de adultos das 13:00 às 14:00 horas (intervalo de 24 horas entre cada uma delas).

As coletas se deram através do uso de redes entomológicas, que eram batidas constantemente durante o tempo estipulado de coleta em cada um dos indivíduos experimentais, de forma que um único coletor ficou 20 minutos em cada porco, totalizando uma hora de coleta direta nos três porcos, passando a rede entomológica durante todo esse tempo sobre as carcaças e coletando todo e qualquer indivíduo de Diptera presente.

Os adultos coletados foram mortos com álcool 70% e triados para futura identificação e confecção de uma tabela final dos dípteros visitantes, durante todo o processo de decomposição para cada um dos espécimes experimentais. A identificação foi feita através de comparações com exemplares da própria Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia da UNESP de Rio Claro, e também com o auxílio de chaves dicotômicas especializadas para dípteros, como a de Carvalho & Mello-Patiu (2008), e o livro *O Estudo dos Insetos* (BORROR, 2014). Após a identificação de todos os dípteros coletados, foi confeccionada uma tabela (*check-list*) com todas as espécies coletadas para cada um dos períodos (seco/chuvoso) e para cada um dos espécimes experimentais supracitados.

É importante destacar que todo o desenho experimental se repetiu duas vezes, uma para a estação seca (inverno) e uma para a estação chuvosa (verão), analisando possíveis diferenças tanto no que diz respeito às espécies que aparecem em cada uma delas, como também no que se refere à velocidade da taxa de decomposição das carcaças, dependendo da temperatura e pluviosidade de cada uma das estações.

Após o término dos experimentos, foi feita a análise estatística dos dados obtidos, como o teste de ANOVA e modelos de comparação através do programa

Statistica, que compara graus de semelhanças e diferenças entre conjuntos de dados, além de testes a posteriori de Bonferroni. Visando à análise dos dados obtidos de uma forma quantitativa, os resultados apresentaram-se sob a forma de gráficos e tabelas para cada um dos objetivos e testes propostos e que foram realizados.

### 3. Referências Bibliográficas

ALUNNI-PERRET *et al.* **Acute fatal poisoning with cyamemazine.** Forensic Sci. Int., 137: 13-15, 2003

ANDERSON, G. S. & VAN LAERHOVEN, S. L. **Initial studies on insect sucession on carrion in Southwestern British Columbia.** J. Forensic Sci., 41 (4): 617-625. 1996.

ASHWORTH, J. R. & WALL, R. **Responses of the sheep blowflies *Lucilia sericata* and *L.cuprina* to odour and the development of semiochemical baits.** Med. Vet. Entomol., 8: 303-309. 1994.

ATKINSON, W. D. & SHORROCKS, B. **Competition on a divided and ephemeral resource: a simulation model.** J. Anim. Ecol. 50: 461-471, 1981.

BARBOSA, A. M. – **A atividade de inteligência de segurança pública.** Rev. Bras. de Ciências Policiais, v.2, n.1, p. 11-30, jan/jun, 2011.

BARTON BROWNE, L., BARTELL, R. J., SHOREY, H. H. **Pheromone-mediated behavior leading to group oviposition in the blowfly, *Lucilia cuprina*.** J. Insect Physiol., 15:1003-1004. 1969.

BENECKE, M., **A brief history of forensic entomology.** Forensic Science International 120:2-14, 2001.

BORNEMISSZA, G.F. **An analysis of arthropod sucession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna.** Aust. J. Zool., 5: 1-12. 1957.

CANEPARO, M.F.C, CORRÊA, R.C., MISE, K.M., ALMEIDA, L.M. **Entomologia médico-criminal**. Estudos de Biologia – Ambiente e Diversidade 34(83): 215-223. 2012

CARVALHO, L. M. L. & LINHARES, A. X. **Seasonality of insects succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in southeastern Brazil**. J. Forensic Sci. 46 (3): 604-608. 2001.

CARVALHO, L. M. L.; THYSSEN, P. J.; GOFF, M. L.; LINHARES A. X. **Observations on the succession patterns of necrophagus insects on a pig carcass in a urban área of southeastern Brazil**. International Journal of Forensic Medicine and Toxicology, New Delhi, v. 5, n. 1, p. 33-39. 2004.

CARVALHO, J. B. C. & MELLO-PATIU, C. A. **Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America**. Revista Brasileira de Entomologia 52(3): 390-406. 2008.

CATTS, E. P. & GOFF, M. L. **Forensic entomology in criminal investigations**. Annu. Revta Entomol., 37: 253-272. 1992.

CATTS, E.P. **Problems in estimating the postmortem interval in death investigaitons**. J. Agric. Entomol., 9 (4):245-255, 1992.

CATTS, E. P. & HASKELL, N. H. **Entomology & Death: a procedural guide**. Joyce's Print Shop, USA 282p. 1990.

COE, J. E. & CURRAN, W. J. **Definition and time of death**. Modern Legal Psychiatry and Forensic Science. 1980.

CONNEL, J. H. & SLAYTER, R. O. **Mechanism of sucession in natural communities and their role in community estability and organization.** Am.Nat.111: 1119-1144. 1977.

CRUZ, T. M.; VASCONCELOS, S. D. **Entomofauna de solo associada à decomposição de carcaça de suíno em um fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco, Brasil.** Bociências, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 193-201, dez. 2006.

D´ALMEIDA, J. M. & OLIVEIRA, V. C. **Dietas artificiais para a criação em laboratório de *Chrysomya* (*C. megacephala*, *C. Albiceps* e *C. Putoria*) (Diptera: Calliphoridae).** Entomologia y Vectores 9:79-91. 2002.

EARLY, M & GOFF, M.L. **Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O’ahu, Hawaiian Islands, USA.** Journal of Medical Entomology 23: 520–531. 1986.

ERZINÇLIOGLU, Y. Z. **The application of entomology to forensic medicine.** Med. Sci. Law., 23: 57-63. 1983.

GOMES, L.; GOMES, G.; OLIVEIRA, H. G.; QUEIROZ, M. M. C.; VON ZUBEN, C. J. **Post-feeding larval dispersal in blowflies during summer and winter seasons in southeast Brazil.** Acta Zoologica Sinica, 58: 176-182, 2008.

GOMES, L.; VON ZUBEN, C.J. & SANCHES, M. R. **Estudo da dispersão larval radial pós alimentar em *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera, Calliphoridae).** Rev. Bras. Ent., 47: 229-234, 2003

GRAHAM-SMITH, G. S. **Observations on the habits and parasites of common flies.** Parasitol. 8: 440-546. 1916.



GRASSBERGER, M. & REITER, C. **Effect of temperature on development of the forensically important Holarctic blowfly *Protophormia terranova* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Calliphoridae).** Ann. Entomol. Soc. Am.: 83: 1210-1214, 2002.

GUIMARÃES, J. H.; N. PAPAVERO & A. P. PRADO. **As míases na região neotropical (identificação, biologia e bibliografia).** Rev. Bras. Zool., 1 (4): 239-416, 1983.

HANSKI, I. **Carrion fly community dynamics: patchiness, seasonality and coexistence.** Ecol.Entomol., 12: 257-266. 1987

LORD, W. D. & STEVENSON, J. R. **Directory of forensic entomologists.** (2and ed.). Washington, DC: Walter Reed Army Medical Center. 1986.

MONTEIRO-FILHO, E. L. A. A. & PENEREIRO, J. L. **Estudo de decomposição e sucessão sobre uma carcaça animal numa área do estado de São Paulo, Brazil.** Rev. Bras. Biol., 47: 289-295. 1987.

MOURA, M. O., CARVALHO, C. J. B. & MONTEIRO-FILHO, E. L. A. **A preliminary analysis of insects of medico-legal importance in Curitiba, state of Paraná.** Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 92, 269-274. 1997.

NUORTEVA, P. **Age determinacion of blood stain in a decaying shirt by entomological means.** Forens. Sci., 3: 89-94. 1974.

OLIVEIRA-COSTA, J. **A entomologia forense e suas aplicações.** In: **Entomologia Forense-Quando os insetos são os vestígios.** Campinas-SP: Editora Millenium. Cap.3, p. 39-50, 2007.

PAYNE, J. A. **A summer carrion study of baby pig *Sus scrofa* Linnaeus.** Ecology, 46: 853-866. 1965.

PIEN, K., PIPELEERS-MARICHAL, M., BONNET, T., VITS, K., WOOD, M. **Toxicological data and growth characteristics of single post-feeding larvae and puparia of *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) obtained from a controlled nordiazepam study.** Int. J. Legal. Med., 118 (4): 190-193, 2004

PROÊNCIO, V. M. **O efeito da carbonização de carcaças suínas no tempo de decomposição, na atratividade e diversidade de artrópodes de interesse forense.** Dissertação de Mestrado, 94p. Campinas, SP. 2011.

REIS, S. F.; STANGENHAUS; GODOY, W. A. C.; VON ZUEN, C.J. & RIBEIRO, O. B. **Varição em caracteres binômicos em função da densidade larval em *Crhysomya megacephala* e *rhysomya putoria* (Diptera: Calliphoridae).** Rev. Bras. Ent., 39:33-34, 1994.

SMITH, K. G. V. **A manual of forensic entomology.** Cornell Univ. Press, Ithaca, NY, 205p. 1986.

SOUZA, A. M. & LINHARES, A. X. **Diptera e Coleoptera of potential forense importance in Southeastern Brazil: relative abundance and seasonality.** Med. Vet. Entomol. 11: 8-12. 1997

THYSSEN, P. J. **Decomposição e sucessão entomológica em carcaças de suínos (*Sus scrofa* L.) de tamanhos diferentes: estudo em ambiente de mata natural na região de Campinas-SP.** Tese de Mestrado, Departamento de Parasitologia, IB, UNICAMP, 75p. 2000.

THYSSEN, P. J.; et al. **The Value of PCR-RFLP Molecular Markers for the Differentiation of Immature Stages of Two Necrophagous Flies (Diptera: Calliphoridae) of Potential Forensic Importance.** Neotropical Entomology. Volume 34(5):777-783, 2005.

THOMPSON, F.C. **Biosystematic Database of World Diptera.** Version 7.5, 2006. <http://www.sel.barc.usda.gov/Diptera//biosys.htm>. Acessado em 15 de julho de 2013.

UTSUMI, K. **“Studies on arthropodes congregating in animal carcasses, with regard to the estimation of postmortem interval”.** Ochanomizu Medical Annual, 7, p. 202, 1958.

VON ZUBEN, C. J. STANGENHAUS, G.; GODOY, W.A.C.. **Competição larval em *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae): Efeitos de diferentes níveis de agregação larval sobre estimativas de peso, fecundidade e investimento reprodutivo.** Rev. Bras. Biol., 60 (2): 195-203, 2000.

WELLS, J. D. & GREENBERG, B. **Interaction between *Chrysomya rufifacies* and *Cochliomya macellaria* (Diptera: Calliphoridae): the possible consequences of an invasion.** Bull. Entomol. Res., 82: 133-137, 1992.

## **CAPÍTULO 2 - O PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO ASSOCIADO ÀS MUDANÇAS SAZONAIS DE TEMPERATURA E UMIDADE, DE ACORDO COM AS ESTAÇÕES DO ANO**

### **1. Introdução**

O processo de decomposição é um mecanismo natural de ciclagem de matéria inerente a todo e qualquer ser vivo, após a sua morte (GOTELLI, 2007). Tal processo é realizado por um conjunto de seres vivos, microscópicos, macroscópicos, invertebrados e vertebrados, como fungos, bactérias, artrópodes, entre outros, que possuem hábitos caracterizados pela relação com estas carcaças (SMITH, 1986).

Dentre todos estes seres vivos que realizam o processo de decomposição, ou simplesmente participam de tal, os insetos vêm despertando interesse de pesquisadores e peritos há muito tempo, uma vez que quase sempre é comum a observação destes artrópodes em carcaças em decomposição, seja sob a forma de adultos, pupas, ou larvas (OLIVEIRA-COSTA, 2007).

Dentre os insetos necrófagos, a ordem Diptera merece maior atenção nos trabalhos, uma vez que são os primeiros a colonizarem a carcaça, após poucas horas da morte, além de apresentarem maior abundância no processo de colonização, o que é de fundamental importância para uma estimativa precisa de intervalo pós-morte ou ainda associar tais invertebrados com causa, local, circunstância ou algum outro fator que esteja relacionado com o momento da morte (CAMPOBASSO & INTRONA, 2001).

Um dos focos da Entomologia Forense é estudar estes insetos e demais artrópodes associados à carcaças em decomposição, visando realizar estudos que deixem dados cada vez mais precisos envolvendo a morte em si, no que diz respeito aos sete questionamentos do Heptâmero de Quintiliano, uma ferramenta legal criada pelo romano Marcus Fabius Quintiliano, na Roma Antiga, inicialmente criada para nortear discursos de imperadores, e depois adaptada para investigações criminais, através de sete questionamentos: “quê? quem? quando? por quê? como? onde? e com que auxílio?”. A Entomologia Forense tenta responder a maior parte destes questionamentos, quando tem seu ramo Médico-Legal associado a um determinado crime envolvendo morte.

O clima, com ênfase para a temperatura e a umidade, apresenta forte influência sobre o processo de decomposição dos corpos, em especial sobre a presença e chegada dos insetos (CATTS, 1992).

Desde 1958, Reed já consolidava os efeitos da temperatura sobre a decomposição, pois comparou a quantidade de dípteros que chegava conforme se aumentava a temperatura no decorrer do ano, tendo um aumento gradativo e diretamente proporcional entre eles.

Em 1965, McAlpine observou pouca ou nenhuma ação decompositora em carcaças de lebres e cães colocadas para decompor sob as condições de clima em uma ilha polar, possivelmente devido às rigorosas condições climáticas do local.

Leclerq (1983) revisou o processo de decomposição em cadáveres submetidos a condições de ambiente natural. Os efeitos da temperatura sobre a decomposição foram mensurados e expostos de forma diretamente proporcional, ou seja, quanto maior a temperatura, mais acelerado é o processo de decomposição.

Em termos didáticos, Bornemissza (1957) divide o processo de decomposição em cinco fases, indo desde a fase de frescor, até a total esqueletização. O primeiro deles é o estágio inicial ou fresco (I), que corresponde à recente morte do indivíduo, de forma a se apresentar fresco externamente e propício para a decomposição internamente. O segundo estágio é o de putrefação inicial/inchaço (II). Neste estágio ocorre o início da liberação de gases intestinais e estomacais, fazendo com a carcaça inche e comecem a aparecer manchas esverdeadas pelo abdômen devido à liberação destes gases. O próximo estágio é o de Putrefação Escura (III), ou também conhecido como estágio de decomposição ativa, na qual ocorre o rompimento de algum local do corpo e escape destes gases, além de uma massa visceral e tecidual densa e escura, com odor muito forte. A penúltima fase é a da Fermentação (IV) ou decomposição avançada, na qual ocorre uma secagem bem rígida da pele e de tecidos moles, havendo manchas escuras devido à fermentação. Já a última fase, seco ou final (V), na qual ocorre a presença de visualização do esqueleto da carcaça, que se encontra quase ou totalmente seca, ocorrendo, a partir daí uma diminuição brusca da decomposição, até sua paralisação, quando restarem apenas os ossos do animal em questão.

Todos estes estágios supracitados são observados em carcaças de animais em decomposição ao ar livre. O que é alterado, é basicamente o tempo de duração de cada um deles, dependendo de fatores já comentados, e alguns que merecem destaque novamente, como temperatura, umidade e quantidade de perfurações de entrada de indivíduos colonizadores.

Um fato interessante de se discutir é que há uma ampla ligação entre cada uma dessas fases com os insetos que chegam a cada uma delas, sendo observável tanto uma sucessão quanto a um padrão comum para cada processo de decomposição como um todo, tornando-se a carcaça mais atrativa para algumas espécies e menos atrativa para outras durante a progressão da decomposição (VOSS *et al.*, 2011).

Para que haja decomposição de carcaças por insetos necrófagos, é necessário que haja primeiro a colonização destas por adultos férteis, que irão colocar, em alguns casos, dezenas de milhares de ovos no substrato em decomposição. Tal processo depende de uma gama relativamente grande de fatores, tanto bióticos como abióticos, tais como umidade, temperatura, localização, luminosidade, quantidade de tecidos envolvendo o corpo, causa da morte, quantidade de orifícios de entrada, entre outros (SMITH, 1986).

Desta forma, é interessante relacionar principalmente o clima com o processo de colonização de carcaças por insetos necrófagos, de forma a destacar quais são as principais diferenças que ocorrem em diferentes condições de temperatura, umidade e luminosidade. Portanto, uma forma de se estudar e analisar essa diferença de colonização de carcaças por insetos necrófagos é analisar as estações do ano, uma vez que inverno e verão, por exemplo, são bastante contrastantes no que diz respeito à temperatura, umidade e duração da luminosidade durante os dias (MARCHENCKO, 1988).

Quando se analisa a entomofauna da região sudeste do Brasil, é claramente visível que há um padrão de sucessão de aparecimento de algumas ordens de insetos em épocas exclusivas do ano: mosquitos são mais corriqueiros no verão, borboletas ocorrem mais na primavera, cigarras aparecem mais no outono (CARVALHO & LINHARES, 2001). É neste contexto que está fundamentada a ideia de que ocorrem diferenças na quantidade e na diversidade de insetos que

colonizam corpos em putrefação, com ênfase em dípteros, durante as estações do ano.

Souza *et al.* (2008) fizeram um levantamento de Calliphoridae, uma das famílias de Diptera mais presentes em carcaças submetidas ao processo de decomposição, durante duas estações do ano: verão e inverno. Em seu trabalho, foram coletados dados de diversidade e de tempo de desenvolvimento de cada uma das espécies observadas, para as duas estações. Observou-se a ocorrência de um número muito maior de indivíduos durante a estação chuvosa, acelerando, mesmo que em apenas um dia, o processo de decomposição dos suínos analisados nesta estação em comparação com a seca.

Anderson & Van Laerhoven, em 1996, relacionaram esta subdivisão do processo de decomposição com a sucessão entomológica ocorrente em carcaças submetidas às mesmas condições ambientais, observando a preferência de alguns insetos por fases mais iniciais de decomposição e outros por fases mais tardias do processo, destacando as ordens Diptera e Coleoptera, respectivamente.

Quando se foca para o interesse em Diptera durante o processo de decomposição, cabe destacar a capacidade desses insetos enquanto agentes modificadores da carcaça, realizando uma rápida e completa digestão do tecido em putrefação, através de uma imensa quantidade de larvas, depositadas principalmente em regiões com orifícios, como boca e ânus (MONTEIRO-FILHO, 1987).

É neste contexto que surge a relação entre quantidade de perfurações corporais e o tempo de decomposição total, uma vez que, teoricamente, orifícios, naturais ou não, significam sítios de oviposição para diversas famílias de Diptera, o que se relaciona diretamente com a quantidade de larvas e locais na carcaça para estas se alimentarem e desenvolverem seu ciclo de vida.

## **2. Objetivos**

Analisar se há alguma relação entre as estações do ano e o tempo de decomposição, comparando uma estação seca e úmida (inverno) com outra quente e úmida (verão), de modo a elencar quais são os principais fatores abióticos responsáveis por esta distinção temporal.

### **3. Material e Métodos**

Como já citado na metodologia geral (pág. 19), foram utilizados seis porcos no total do experimento, sendo três deles utilizados no inverno e três deles utilizados no verão.

Para fazer a comparação precisa entre cada uma das estações no que diz respeito ao tempo de decomposição, observações diárias (três vezes ao dia) foram feitas e anotadas em um caderno de campo descrevendo minuciosamente tudo que era possível ser observado, como por exemplo: tempo de duração de cada uma das fases de decomposição; temperatura média e precipitação diária; entre outros que se julgava importante em cada observação.

Para a obtenção dos dados das temperaturas mínimas, máximas e médias diárias, assim como os dados de pluviosidade e umidade relativa, estes dados foram solicitados para o Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA), do próprio campus da UNESP de Rio Claro. Com estes dados, foi possível fazer comparações como:

- mínima temperatura do inverno x mínima temperatura do verão
- máxima temperatura do inverno x máxima temperatura do verão
- quantidade de dias de chuva no inverno x quantidade de dias de chuva no verão
- volume de precipitação no inverno x volume de precipitação no verão
- umidade relativa mínima no inverno x umidade relativa mínima no verão
- umidade relativa máxima no inverno x umidade relativa máxima no verão

Desta forma, sob vários aspectos (visuais, gráficos e numéricos), foi possível fazer uma comparação entre os processos de decomposição para as duas estações mensuradas, de acordo principalmente com temperatura, umidade e pluviosidade.

### **4. Resultados e Discussão**

Para facilitar a comparação entre cada um dos dois experimentos, foi feita uma divisão entre as duas estações. Primeiramente foi analisada a estação seca e



fria (inverno), e depois a estação chuvosa e quente (verão), sob aspectos variando desde observações diárias sobre o processo de decomposição, assim como a ação da temperatura, umidade e luminosidade atuando diretamente sobre este processo.

#### **4.1. Estação de Inverno**

O experimento da estação seca e fria teve duração de 41 dias, período este necessário para os três corpos esqueletizarem, após passarem pelas 5 fases de decomposição propostas por Bornemisza (1957).

O experimento foi encerrado não no momento em que todos os insetos necrófagos participantes da decomposição estavam em estágio de pupa, mas sim quando se completou todo o processo de decomposição, passando pelas cinco fases propostas por Bornemisza (1957).

Para este experimento foram analisados previamente, através de previsão climática, quais seriam as semanas mais frias do mês de julho, para que o período dessa parte da pesquisa coincidissem com os dias mais frios do ano, o que garantiria uma discrepância e adequação comparativa com a próxima fase da pesquisa, no verão.

Com base na assertiva acima, o experimento teve início no dia 26 de junho de 2013, perdurando 41 dias, encontrando seu término no dia 05 de agosto do mesmo ano.

Durante este período, como mostra a tabela a seguir (Tabela 1), houve dias bastante frios, chegando a temperaturas abaixo de cinco graus célsius, o que foi bastante relevante para a pesquisa, pois dias como esses permitiram uma maior precisão na comparação entre as estações de inverno e verão, como será discutido a seguir.

**Tabela 1.** Valores de temperatura, umidade e pluviosidade diários durante o experimento de Inverno (Junho, Julho e Agosto de 2013), cedido por CEAPLA - UNESP RIO CLARO

| <b>Junho de 2013</b> |                         |               |              |                             |               |              |                          |
|----------------------|-------------------------|---------------|--------------|-----------------------------|---------------|--------------|--------------------------|
| <b>DIAS</b>          | <b>TEMPERATURA (°C)</b> |               |              | <b>UMIDADE RELATIVA (%)</b> |               |              | <b>PLUVIOSIDADE (mm)</b> |
|                      | <b>máxima</b>           | <b>mínima</b> | <b>média</b> | <b>máxima</b>               | <b>mínima</b> | <b>média</b> |                          |
| 26                   | 21,6                    | 15,2          | <b>18,4</b>  | 100                         | 54            | <b>77</b>    |                          |
| 27                   | 27,0                    | 14,3          | <b>20,7</b>  | 100                         | 45            | <b>72</b>    | 11,3                     |
| 28                   | 25,3                    | 14,2          | <b>19,7</b>  | 100                         | 45            | <b>72</b>    |                          |
| 29                   | 21,5                    | 11,2          | <b>16,3</b>  | 100                         | 47            | <b>73</b>    |                          |
| 30                   | 25,6                    | 11,8          | <b>18,7</b>  | 100                         | 32            | <b>66</b>    |                          |
| <b>Julho de 2013</b> |                         |               |              |                             |               |              |                          |
| <b>DIAS</b>          | <b>TEMPERATURA (°C)</b> |               |              | <b>UMIDADE RELATIVA (%)</b> |               |              | <b>PLUVIOSIDADE (mm)</b> |
|                      | <b>máxima</b>           | <b>mínima</b> | <b>média</b> | <b>máxima</b>               | <b>mínima</b> | <b>média</b> |                          |
| 1                    | 22,6                    | 15,9          | <b>17,9</b>  | 100                         | 69            | <b>93</b>    |                          |
| 2                    | 23,0                    | 13,3          | <b>17,3</b>  | 100                         | 49            | <b>79</b>    | 14,7                     |
| 3                    | 25,3                    | 12,2          | <b>17,0</b>  | 100                         | 48            | <b>81</b>    | 5,7                      |
| 4                    | 25,5                    | 11,7          | <b>17,6</b>  | 100                         | 44            | <b>78</b>    |                          |
| 5                    | 26,6                    | 11,0          | <b>17,8</b>  | 100                         | 35            | <b>76</b>    |                          |
| 6                    | 28,0                    | 10,2          | <b>17,6</b>  | 100                         | 22            | <b>72</b>    |                          |
| 7                    | 28,1                    | 10,2          | <b>17,6</b>  | 95                          | 26            | <b>68</b>    |                          |
| 8                    | 25,6                    | 10,2          | <b>17,2</b>  | 100                         | 41            | <b>76</b>    |                          |
| 9                    | 25,4                    | 13,1          | <b>18,1</b>  | 94                          | 44            | <b>72</b>    |                          |
| 10                   | 25,6                    | 13,3          | <b>17,8</b>  | 96                          | 39            | <b>74</b>    |                          |
| 11                   | 25,2                    | 12,6          | <b>17,1</b>  | 100                         | 29            | <b>77</b>    |                          |
| 12                   | 25,6                    | 8,6           | <b>16,0</b>  | 97                          | 31            | <b>73</b>    | 0,2                      |
| 13                   | 27,2                    | 10,6          | <b>17,6</b>  | 98                          | 31            | <b>72</b>    | 0,3                      |
| 14                   | 26,4                    | 10,4          | <b>18,8</b>  | 95                          | 63            | <b>84</b>    |                          |
| 15                   | 26,6                    | 10,4          | <b>17,8</b>  | 100                         | 31            | <b>75</b>    |                          |
| 16                   | 23,7                    | 13,3          | <b>16,5</b>  | 100                         | 46            | <b>83</b>    | 0,4                      |
| 17                   | 27,6                    | 9,0           | <b>16,2</b>  | 100                         | 25            | <b>76</b>    | 0,1                      |
| 18                   | 29,2                    | 9,0           | <b>17,8</b>  | 100                         | 22            | <b>68</b>    | 0,3                      |

| 19                    | 28,4             | 11,7   | <b>17,3</b> | 100                  | 30     | <b>76</b> | 0,4              |
|-----------------------|------------------|--------|-------------|----------------------|--------|-----------|------------------|
| 20                    | 28,8             | 14,8   | <b>20,7</b> | 100                  | 41     | <b>74</b> |                  |
| 21                    | 29,5             | 19,0   | <b>22,9</b> | 98                   | 37     | <b>63</b> | 5,8              |
| 22                    | 25,3             | 16,3   | <b>20,5</b> | 100                  | 56     | <b>80</b> | 0,7              |
| 23                    | 20,3             | 10,2   | <b>15,5</b> | 100                  | 70     | <b>83</b> | 7,4              |
| 24                    | 13,0             | 7,4    | <b>9,6</b>  | 90                   | 63     | <b>78</b> | 5,6              |
| 25                    | 12,0             | 8,2    | <b>9,6</b>  | 100                  | 72     | <b>88</b> | 1,1              |
| 26                    | 17,6             | 4,2    | <b>10,6</b> | 100                  | 52     | <b>80</b> | 7,0              |
| 27                    | 22,8             | 5,4    | <b>12,8</b> | 100                  | 32     | <b>77</b> |                  |
| 28                    | 23,2             | 5,7    | <b>12,7</b> | 100                  | 28     | <b>76</b> |                  |
| 29                    | 25,2             | 5,2    | <b>14,0</b> | 100                  | 16     | <b>66</b> |                  |
| 30                    | 27,3             | 4,9    | <b>15,1</b> | 94                   | 19     | <b>62</b> |                  |
| 31                    | 27,8             | 7,4    | <b>16,2</b> | 93                   | 22     | <b>65</b> |                  |
| <b>Agosto de 2013</b> |                  |        |             |                      |        |           |                  |
| DIAS                  | TEMPERATURA (°C) |        |             | UMIDADE RELATIVA (%) |        |           | PUVIOSIDADE (mm) |
|                       | máxima           | mínima | média       | máxima               | mínima | média     |                  |
| 1                     | 28,7             | 9,2    | <b>17,6</b> | 91                   | 22     | <b>62</b> |                  |
| 2                     | 29,9             | 9,0    | <b>17,9</b> | 91                   | 17     | <b>62</b> |                  |
| 3                     | 30,8             | 9,9    | <b>18,6</b> | 89                   | 20     | <b>61</b> |                  |
| 4                     | 30,5             | 11,4   | <b>19,9</b> | 89                   | 18     | <b>56</b> |                  |
| 5                     | 30,3             | 11,5   | <b>19,4</b> | 91                   | 24     | <b>64</b> |                  |

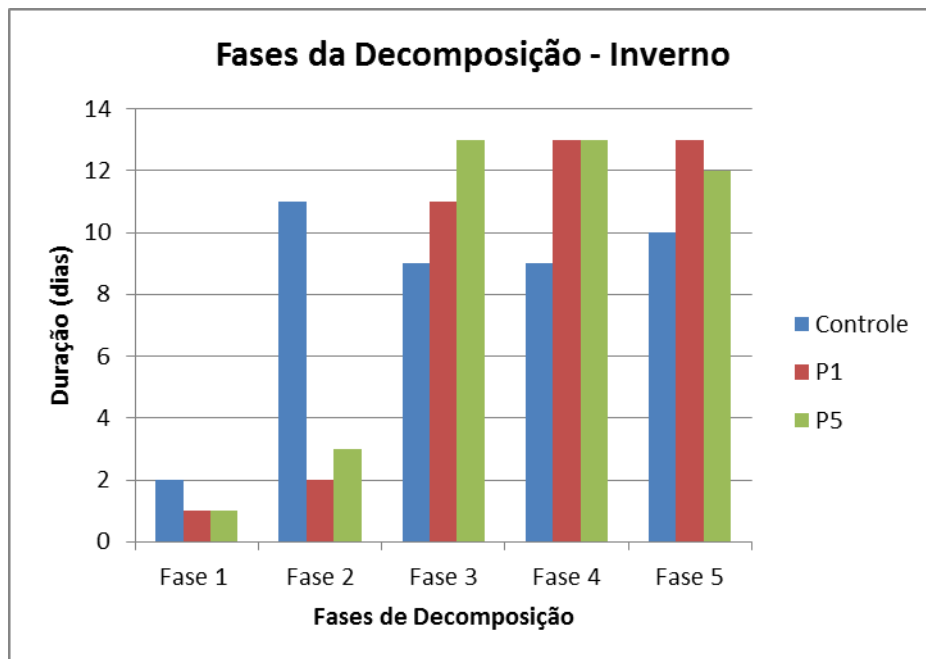
Ao analisar a tabela minuciosamente, verificamos que se utilizar do princípio de que a estação inverno é fria faz total sentido no presente caso, uma vez que em alguns dias a temperatura mínima atingida foi de aproximadamente 5 °C.

A duração da decomposição neste período foi de 41 dias, sendo que grande parte deste período se deu após a pupação de todos os indivíduos, ou seja, após a fase de putrefação em si. A tabela abaixo (Tabela 2) ilustra as durações de cada fase:

**Tabela 2.** Duração das fases de decomposição, em dias, para os três tratamentos durante a estação de Inverno.

| Estação Inverno |                       | Duração (em dias) |    |    |
|-----------------|-----------------------|-------------------|----|----|
| Fases           | Nomenclatura          | Controle          | P1 | P5 |
| Fase 1          | Inicial ou Fresca     | 2                 | 1  | 1  |
| Fase 2          | Putrefação ou Inchaço | 11                | 2  | 3  |
| Fase 3          | Putrefação Negra      | 9                 | 11 | 13 |
| Fase 4          | Decomposição Ativa    | 9                 | 13 | 13 |
| Fase 5          | Seca ou Final         | 10                | 13 | 12 |

A fim de se ilustrar a tabela acima, foi construído um gráfico mostrando quais as durações de cada uma das fases para o Inverno:



**Figura 3.** Duração das fases de decomposição, em dias, para os três tratamentos propostos, durante o experimento do Inverno.

Analisando-se o gráfico e a tabela anteriores, verifica-se que para todos os tratamentos – controle, porco com 1 perfuração (P1) e porco com 5 perfurações (P5) – as fases com maior período de duração foram as três finais: Fase 3 (Putrefação Negra); Fase 4 (Decomposição Ativa) e Fase 5 (Seca ou Final). Uma duração maior na fase de decomposição ativa no Inverno ocorre principalmente pelo fato de a quantidade de larvas realizando o consumo da carne putrefata não ser muito grande, como consequência do fato de que neste período do ano, não há muitos insetos no ambiente, ou seja, a quantidade de insetos encontrados é bem menor, comparando com o verão. Desta forma, um período maior de tempo foi necessário para que a decomposição ativa ocorresse. Cabe aqui um destaque para a temperatura de decomposição, que será tópico principal do próximo capítulo, mas que, como a temperatura ambiente estava bastante baixa, isto influenciou no processo de digestão da carne pelas larvas dos dípteros ali presentes, uma vez que, para que este processo ocorra, precisa-se atingir uma determinada temperatura no local, para que haja digestão da carne, para se iniciar o processo de decomposição (CAMPOBASSO *et al.*, 2001). Em outras palavras, em determinadas faixas de temperaturas, a temperatura da carcaça tem a tendência em se aproximar mais daquela observada no ambiente. Uma vez que ação metabólica dos insetos é diretamente influenciada pela temperatura do meio em que se encontram (WIGGLESWORTH, 1942), isto deve prejudicar ou retardar seu processo de alimentação e conseqüentemente o corpo levaria mais tempo para decompor.

A Fase 2, ou de Inchaço, quando comparada entre os tratamentos, foi bem mais demorada no indivíduo Controle, do que nos indivíduos contendo algum tipo de perfuração corporal. Isto se dá pelo fato de que, durante esta fase, gases abdominais resultantes dos órgãos internos desta mesma cavidade vão sendo constantemente e naturalmente formados, incluindo o H<sub>2</sub>S (sulfeto de hidrogênio, também chamado de gás da morte).

Como no caso do tratamento controle não havia nenhum orifício artificial, este inchaço se deu até o momento de rompimento da superfície da pele, que chegou a seu grau máximo de elasticidade (cerca de 10 dias após o início do experimento). Já no caso dos tratamentos contendo perfurações (P1 e P5), esta fase foi bastante curta (2 e 3 dias, respectivamente) devido ao fato de que as perfurações artificiais colaboraram para a saída do sulfeto de hidrogênio para fora do corpo, não havendo, portanto, um inchaço tão aparente quanto no tratamento controle.

As fotos da Figura 4 ilustram o momento máximo de inchaço para os três tratamentos para a estação Inverno:



**Figura 4.** Fotos digitais mostrando os momentos de maior inchaço para os tratamentos: a) controle; b) P1 e c) P5.

#### 4.2. Estação de Verão

O experimento foi repetido na estação chuvosa e quente, sendo que teve uma duração de 10 dias.

O experimento teve início no dia 12 de fevereiro de 2014, perdurando 10 dias e tendo seu fim no dia 21 do mesmo mês.

Novamente, o experimento foi finalizado apenas quando os três porcos se encontravam em estágio de esqueletização, marcando o final da decomposição.

Durante esta fase da pesquisa, a maior parte dos dias teve uma média de temperatura bastante alta, superando uma média de 20 °C todos os dez dias de experimento. A tabela abaixo (Tabela 3) ilustra os detalhes:

**Tabela 3.** Valores de temperatura, umidade e pluviosidade diários durante o experimento de Verão (Fevereiro de 2014).

| Fevereiro de 2014 |                  |        |             |                      |        |           |                  |
|-------------------|------------------|--------|-------------|----------------------|--------|-----------|------------------|
| DIAS              | TEMPERATURA (°C) |        |             | UMIDADE RELATIVA (%) |        |           | PUVIOSIDADE (mm) |
|                   | máxima           | mínima | média       | máxima               | mínima | média     |                  |
| 12                | 33,2             | 21,4   | <b>23,1</b> | 90                   | 26     | <b>85</b> | 3,5              |
| 13                | 34,1             | 18,9   | <b>25,1</b> | 89                   | 26     | <b>61</b> |                  |
| 14                | 32,4             | 19,8   | <b>26,3</b> | 91                   | 33     | <b>54</b> | 8,3              |
| 15                | 24,9             | 20,0   | <b>22,6</b> | 92                   | 64     | <b>71</b> | 1,8              |
| 16                | 27,6             | 20,2   | <b>21,8</b> | 91                   | 50     | <b>83</b> | 5,7              |
| 17                | 28,7             | 18,9   | <b>20,5</b> | 90                   | 47     | <b>90</b> | 2,8              |
| 18                | 31,8             | 19,3   | <b>23,8</b> | 82                   | 31     | <b>64</b> | 0,6              |
| 19                | 32,3             | 16,8   | <b>23,2</b> | 86                   | 24     | <b>59</b> | 8,3              |
| 20                | 33,5             | 16,6   | <b>26,5</b> | 91                   | 20     | <b>44</b> | 5,4              |
| 21                | 32,6             | 18,4   | <b>23,6</b> | 83                   | 29     | <b>64</b> | 15,6             |

Como exposto na Tabela 3, a temperatura foi maior durante todo o período quando comparado com o Inverno (Tabela 1), ultrapassando na temperatura máxima diária a casa dos 30 °C na maioria dos dias durante o experimento.

Outro fator que se destaca durante o Verão é que nove dos dez dias de experimento tiveram precipitação, como pode ser observado na Tabela 3.

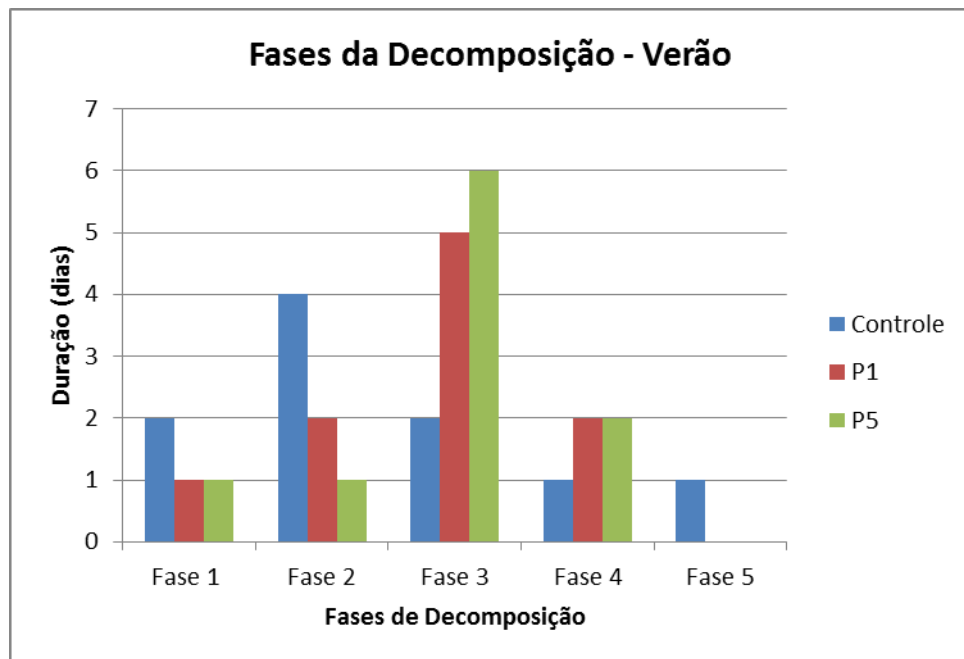
Considerando-se juntamente temperatura elevada e pluviosidade, encontra-se a condição mais propícia para uma decomposição acelerada. Isto fica bastante claro quando se compara a quantidade de dias de decomposição entre verão e inverno, sendo que o primeiro apresenta decomposição quatro vezes mais rápida do que o segundo.

Portanto, a duração da decomposição neste período foi de apenas 10 dias, sendo que praticamente da noite para o dia toda a carne foi consumida pela grande quantidade de larvas de dípteros necrófagos presente nas carcaças. A Tabela 4 ilustra as durações de cada fase:

**Tabela 4.** Duração das fases de decomposição, em dias, para os três tratamentos durante a estação de Verão.

| Estação Verão |                       | Duração (em dias) |    |    |
|---------------|-----------------------|-------------------|----|----|
| Fases         | Nomenclatura          | Controle          | P1 | P5 |
| Fase 1        | Inicial ou Fresca     | 2                 | 1  | 1  |
| Fase 2        | Putrefação ou Inchaço | 4                 | 2  | 1  |
| Fase 3        | Putrefação Negra      | 2                 | 5  | 6  |
| Fase 4        | Decomposição Ativa    | 1                 | 2  | 2  |
| Fase 5        | Seca ou Final         | 1                 | 0  | 0  |

A fim de se ilustrar a tabela acima, foi construído um gráfico mostrando quais as durações de cada uma das fases para o Verão (Figura 5):



**Figura 5.** Duração das fases de decomposição, em dias, para os três tratamentos propostos, durante o experimento do Verão.



Analisando-se a Tabela 4 e Figura 5, comparando-se com o Inverno, pode-se verificar que houve um desenvolvimento acelerado para todos os tratamentos – controle, porco com 1 perfuração (P1) e porco com 5 perfurações (P5) – uma vez que o máximo que perdurou uma fase, foi seis dias (para P5 na fase 3).

Novamente, verificou-se uma duração maior do período de inchaço (fase 2), para o controle, já devidamente justificado no Inverno, e repetindo-se no verão, como mostra a Figura 6:



**Figura 6.** Fotos digitais mostrando os momentos de maior inchaço, durante o verão, para os tratamentos: a)controle; b)P1 e c)P5.

CARVALHO & LINHARES (2001) elencaram fatores que interferem diretamente na decomposição, sendo eles bióticos e abióticos. O maior destaque do trabalho desses autores foi dado para a temperatura, uma vez que comprovou através de testes em coelhos e ratos, que temperaturas mais altas aceleram o processo de decomposição.

A assertiva acima está relacionada com a quantidade e variedade de insetos necrófagos presentes no verão, que é muito maior do que no inverno. O fato de as bactérias responsáveis por grande parte da decomposição em si não proliferarem em temperaturas muito baixas, como sugere o trabalho de Leaper (1984), que afirma que as bactérias têm uma temperatura ótima de proliferação, mas que muito acima, ou muito abaixo desta temperatura, ocorre a desnaturação bacteriana, não chegando a levar à morte, mas impedindo o desenvolvimento de novos indivíduos.

Portanto, pode ser que a ação da temperatura para a proliferação de bactérias apresenta um papel muito forte e importante no processo de decomposição e, uma vez que bloqueadas pela temperatura para se desenvolverem, ocorre a interferência direta na duração deste processo, seja acelerando-o em temperaturas mais elevadas, ou retardando-o em temperaturas muito baixas.

## 5. Conclusões

Através da análise do tempo de decomposição dos porcos para as duas estações em que o trabalho foi feito – inverno e verão – pode-se concluir que o processo de decomposição em *Sus scrofa*, ocorre de maneira muito mais rápida na estação quente e úmida (Verão), do que na estação seca e fria (Inverno), alcançando uma velocidade quatro vezes mais rápida na primeira do que na segunda.

Dentre os fatores abióticos, temperatura e precipitação são os que mais merecem destaque, uma vez que o primeiro, como já discutido em diversos trabalhos, acelera o processo de decomposição conforme ocorre um aumento gradual da temperatura climática do local em que está sendo feito o estudo; enquanto que o segundo também atua diretamente no tempo de decomposição, uma vez que foi observado que com um aumento na umidade, ocorre uma maior quantidade de insetos visitantes, acelerando, assim, o processo de decomposição.

O fator temperatura, quando analisado para o presente trabalho, reforça a tendência relatada acima, de que quando há um aumento na temperatura e umidade subsequente, a decomposição é mais rápida (10 dias no verão, com média de temperatura beirando a casa dos 30 °C, e 41 dias no inverno, com média de temperatura inferior a 10 °C). Este fator abiótico está diretamente relacionado com o fator biótico “quantidade de insetos” que aparecem em determinado corpo após a morte (discutido com mais detalhes no Cap. 3), o que acelera ou retarda o processo de decomposição, com uma maior ou menor presença destes artrópodes necrófagos, que se alimentam diretamente da carne putrefata.

Com relação aos tratamentos, verificou-se que, independente da estação do ano, o controle é o que mais demorou a chegar à fase final de decomposição, uma vez que enquanto ele ainda estava em fases intermediárias, no mesmo período os outros tratamentos já se encontravam em estágios mais avançados de decomposição. Com relação aos tratamentos com perfuração, ambos tiveram decomposição mais acelerada, quando comparados com o tratamento controle (somente contendo as perfurações naturais), de forma que não teve uma relação muito grande entre as quantidades de perfuração, uma vez que tanto os indivíduos

contendo uma perfuração como os indivíduos contendo cinco perfurações apresentaram quase o mesmo tempo de decomposição para cada uma das fases.

## 6. Referências Bibliográficas

ANDERSON, G. S. & VAN LAERHOVEN, S. L. **Initial studies on insect sucession on carrion in Southwestern British Columbia.** J. Forensic Sci., 41 (4): 617-625. 1996.

BORNEMISSZA, G.F. **An analysis of arthropod sucession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna.** Aust. J. Zool., 5: 1-12. 1957.

CAMPOBASSO, C. P. & INTRONA, F. **Factors affecting decomposition and Diptera colonization.** Forensic Science International 120: 18-27. 2001.

CARVALHO, L. M. L. & LINHARES, A. X. **Seasonality of insects sucession and pig carcass decomposition in a natural forest area in southeastern Brazil.** J. Forensic Sci. 46 (3): 604-608. 2001.

CATTS, E. P. **Problems in estimating the PMI in death investigations.** J. Agric. Entomol. In Press. 1992

GOTELLI, N. J. **Ecologia.** Editora Planta, Londrina, Paraná. 3ªEd. 260p. 2007.

LEAPER, S., **Influence of Temperature on the Synergistic Sporicidal Effect of Peracetic Acid plus Hydrogen Peroxide on *Bacillus subtilis* SA 22 (NCA 72-52),** Food Microbiology (London), 1,199-203, 1984.

LECLERQ, M. **Entomologie et médecine légale: une observation inédite.** Ann. Soc. Entomol. Fr. 28(1): 3-8. 1983.

MARCHENKO, M. I.. **The use of temperature parameters of fly growth in medicolegal practice**. General trends .Proc. Int. Conf. Med. Vet. Dipterol. Ceske Budejovica 1988:254-57. 1988.

MCALPINE, J.F. **Insects and related terrestrial invertebrates of Ellef Ringnes Island** Journal of the Arctic Institute of North America, 18: 73-103. 1965.

MONTEIRO-FILHO, E. L. A. A. & PENEREIRO, J. L. **Estudo de decomposição e sucessão sobre uma carcaça animal numa área do estado de São Paulo, Brazil**. Rev. Bras. Biol., 47: 289-295. 1987.

OLIVEIRA-COSTA, J. **A entomologia forense e suas aplicações**. In: **Entomologia Forense-Quando os insetos são os vestígios**. Campinas-SP: Editora Millenium. Cap.3, p. 39-50, 2008.

REED, H. B. **A study of dog carcass communities in Tennessee, with special reference to the insects**. Am. Midl. Nat. , 59(1): 213-245. 1958

SMITH KGV. **A manual of forensic entomology**. Trustees of the British Museum, London, 1986.

SOUZA, A. S. B., KIRST, F.D., KRÜGER, R. F. **Insects of forensic importance from Rio Grande do Sul State in Southern Brazil**. Revista Brasileira de Entomologia 52(4): 641-646. 2008

THYSSEN 2011. **Entomologia Forense**. In: **Carlos Brisola Marcondes. (Org.). Entomologia médica e veterinária**. 2ed. Rio de Janeiro: Atheneu, p. 129-137.

THYSSEN, P. J. **Decomposição e sucessão entomológica em carcaças de suínos (*Sus scrofa* L.) de tamanhos diferentes: estudo em ambiente de mata natural na região de Campinas-SP.** Tese de Mestrado, Departamento de Parasitologia, IB, UNICAMP, 75p. 2000.

THYSSEN, P. J.; et al. **The Value of PCR-RFLP Molecular Markers for the Differentiation of Immature Stages of Two Necrophagous Flies (Diptera: Calliphoridae) of Potential Forensic Importance.** Neotropical Entomology. Volume 34(5):777-783, 2005.

VOSS, S. C. et al. **Decomposition and insect succession on cadavers inside a vehicle environment.** Forensic Science, Medicine and Pathology, v. 4, p. 22–32, 2008.

WIGGLESWORTH V. B. **The Principles of Insect Physiology.** Methuen and Company Limited. 444 pages, Osmania University. 1942.

## **CAPÍTULO 3 - O PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO ASSOCIADO ÀS PERFURAÇÕES ARTICIAIS: UMA ANÁLISE VISUAL E TÉRMICA.**

### **1. Introdução**

Segundo o Escritório sobre Drogas e Crime das Nações Unidas (UNODC, na sigla em inglês), em 2012, quase 500 mil pessoas foram assassinadas com arma de fogo e arma branca no mundo. No Brasil, segundo o Anuário Brasileiro de Segurança Pública, referência da ONU para o estudo, 70% do total de mortes de toda a nação ocorrem por armas de fogo e/ou brancas. Em 2013, 50 mil pessoas foram mortas no país, segundo o levantamento da ONU, sendo que 35 mil mortes foram por arma de fogo (UNODC). Esses dados remetem à análise de quais as implicações de crimes violentos para o processo de decomposição. Será que uma morte natural, em que estão presentes apenas os orifícios naturais, acarreta um processo pós-morte diferente, quando comparado com uma morte acidental, onde existem de um a inúmeros orifícios artificiais, causados por arma de fogo e/ou arma branca?

Insetos, especificamente moscas-varejeiras (Diptera: Calliphoridae), estão entre os primeiros animais a chegar à cena de um crime e fornecer informações cruciais incluindo o intervalo pós-morte ou se o corpo foi movido do local original, entre outras informações úteis (GREENBERG & KUNICH, 2005; BENECKE, 2001).

É bem documentado que as fêmeas destas moscas necrófagas põem ovos perto de feridas ou orifícios naturais do corpo logo após a morte, para que as larvas possam se desenvolver em uma área úmida e com alimento em abundância (SMITH 1986; ANDERSON 2001). No entanto, determinar exatamente o que atrai insetos para um corpo em decomposição e provocar respostas comportamentais, como o acasalamento e a postura dos ovos (oviposição), é um tema de investigação ainda bem recente e apenas respostas fisiológicas a estímulos visuais e olfativos estão associados a respostas para estes questionamentos.

Em geral, os insetos se utilizam de diferentes percepções sensoriais para encontrar comida, parceiro sexual ou ainda, locais para oviposição (CASTNER,

2001). As pistas podem ser visuais, auditivas, olfatórias, gustativas, táteis, entre outras (VICKERS, 2000), mas a capacidade olfativa é a mais importante e a mais estudada neste grupo.

A capacidade dos insetos de detectar e responder a estímulos químicos voláteis presentes no ambiente, está relacionada primariamente às antenas (BORROR et al, 1989), que são cobertas por um grande número de sensilas, capazes de captarem a informação do meio e transmitirem tal informação para os neurônios sensoriais rapidamente (MCIVER, 1982).

Com base nessa afirmação, os insetos necrófagos realizam a postura dos ovos em lugares abrigados, como orifícios naturais do corpo ou nas regiões de ferimentos, uma vez atraídos pelo odor da carne e sangue em processo inicial de decomposição, que estão liberando gases que serão captados pelo olfato destes insetos, atraindo-os para estes locais (ANDERSON, 2001).

Quando imaturos são encontrados somente em orifícios naturais do cadáver, é bem provável que o cadáver não tenha nenhuma injúria externa, como orifícios naturais causados por armas brancas ou de fogo (OLIVEIRA-COSTA, 2007). Desta forma, um maior número de ferimentos ocasionaria teoricamente a presença de mais sítios atrativos para estes insetos que irão ovipositar nestes locais, trazendo para a carcaça uma quantidade consideravelmente maior de larvas que irão se alimentar da carne putrefata e atuando ainda, como potenciais aceleradoras do processo de decomposição.

Uma consideração importante acerca do desenvolvimento das larvas em carcaças em decomposição está diretamente associada ao calor metabólico dissipado pelas mesmas (CATTS, 1992). A média da temperatura do ambiente está longe de refletir qual é a real temperatura a que os agregados larvais estão submetidos, podendo variar até dezenas de graus célsius entre si. Early & Goff (1986) notaram uma diferença de 22 °C entre os agregados larvais que se alimentavam da carcaça, com relação à temperatura ambiente no Hawaii.

Vários são os trabalhos associando densidade larval e carcaças em decomposição. Um dos trabalhos que mais destaca a importância desse calor metabólico associado aos aglomerados larvais é o de Catts (1992), em que se discute a influência dessas larvas enquanto comunidades decompositoras, ou seja,



o autor começa a citar que quanto maior a quantidade larval, mais rápida será a decomposição.

Além disso, o trabalho de Marchenko (1988) determinou duas taxas de densidades larvais de 1:1 e 2:1 por grama de carne a ser decomposta. Ele observou que a maior taxa refletia em uma “decomposição acelerada”, confirmando a hipótese de grandes agregados larvais atendem a uma deterioração mais acentuada.

De acordo com Higley & Peterson (1994), teoricamente, a relação entre temperatura e desenvolvimento larval é curvilínea em temperaturas extremas (altas e baixas) e linear entre elas. Ou seja, o crescimento e velocidade de desenvolvimento larval têm relação direta com a taxa de aumento ou diminuição de temperatura, em nível exponencial, de forma que os extremos de calor e frio ocasionam uma diminuição da velocidade de crescimento para as larvas.

## **2. Objetivos**

Analisar se perfurações artificiais alteram de algum modo o tempo de decomposição para carcaças com mesmo padrão espécie/tamanho de suínos, analisando se há alguma alteração inicialmente com a presença ou a ausência destes orifícios, e depois de acordo com a magnitude deles no corpo. O trabalho visa comparar a taxa de decomposição com um aumento de calor pontual, causado pela ação metabólica das larvas, de acordo com graus diferentes de perfurações.

## **3. Material e Métodos**

Todo o contexto do experimento já foi explicado detalhadamente na metodologia geral, mas alguns pontos ainda merecem destaque.

Para fim de se medir a temperatura interna de cada um dos porcos, em ambas as estações, foram colocados três dataloggers de temperatura da marca TidBit/Onset, em cada um deles, medindo a temperatura em intervalos regulares de 2 minutos, durante todo o experimento. Foram dispostos da seguinte maneira: um na região da cabeça (introduzido pela boca até a faringe), um na região do ânus (introduzido até o final do reto) e outro na região central das perfurações (colocado abaixo do porco no Controle, no solo, por entre as vísceras do porco contendo 1

perfuração e na perfuração central do porco contendo 5 perfurações abdominais), como mostra a Figura 7:



**Figura 7.** Locais de colocação dos TidBits nos porcos, representando a) boca, b) ânus e c) perfuração.

Assim, foi possível analisar e comparar as temperaturas de áreas específicas internas dos porcos, para cada um dos tratamentos, e entre os tratamentos e as estações do ano.

Para complementar os dados de temperatura coletados diariamente pelos termômetros, fotos térmicas foram feitas diariamente através de câmera específica com o intuito de ilustrar o gradiente térmico externo das carcaças, como detalhado na metodologia geral, a fim de se fazer um comparativo entre a temperatura externa superficial dos porcos, com as temperaturas internas resultantes do desenvolvimento larval, medidas pelos termômetros pré-colocados.

Além dos dados citados anteriormente, fotos digitais foram feitas durante todo o experimento, a fim de se comparar cada tratamento em tempo real, ou seja, analisar e comparar as fases de desenvolvimento em um mesmo instante para cada um dos tratamentos propostos.

Os dados dos Tidbits foram plotados em Excel e analisados estatisticamente pelo programa Statistica, como já descrito anteriormente. Os resultados se apresentam sob a forma de gráficos e tabelas comparativas entre os tratamentos numa mesma estação, e entre cada um dos tratamentos para as duas estações.

As fotos térmicas foram analisadas com auxílio do programa ThermoCam Researcher Pro 2.10<sup>®</sup> e apresentadas sob forma de pranchas comparativas entre os tratamentos e entre as estações de Verão e Inverno.

As fotos digitais foram tratadas com o auxílio do programa Photoshop CS6® e também apresentadas sob a forma de pranchas comparativas, da mesma forma como as fotos térmicas.

#### **4. Resultados e Discussão**

Para facilitar a compreensão e futura discussão sobre o que aconteceu em cada um dos tratamentos propostos, primeiramente serão apresentados os resultados da primeira parte do experimento, que ocorreu durante o inverno. Depois serão apresentados os resultados da segunda parte experimental, que ocorreu durante o verão. Após todos os resultados serem apresentados, a discussão entre eles será única.

##### **4.1. Primeira parte: Inverno**

A primeira parte do experimento, que se deu durante a estação de Inverno, perdurou 41 dias – período de tempo necessário para que os três porcos chegassem ao estágio final do processo de decomposição.

A primeira análise que foi feita, baseia-se na comparação entre o que estava acontecendo em cada um dos dias do experimento, para cada um dos tratamentos. Ou seja, esta análise permite verificar se os estágios de decomposição são correspondentes entre os tratamentos. Este tipo de análise foi chamada de **Tratamento\*Dias**, uma vez que foi feita a comparação diária de médias de temperaturas, para cada um dos tratamentos, nas devidas regiões corporais, previamente detalhadas.

A Tabela 5 mostra os primeiros testes estatísticos quando comparados cada um dos tratamentos, durante o passar do tempo experimental:

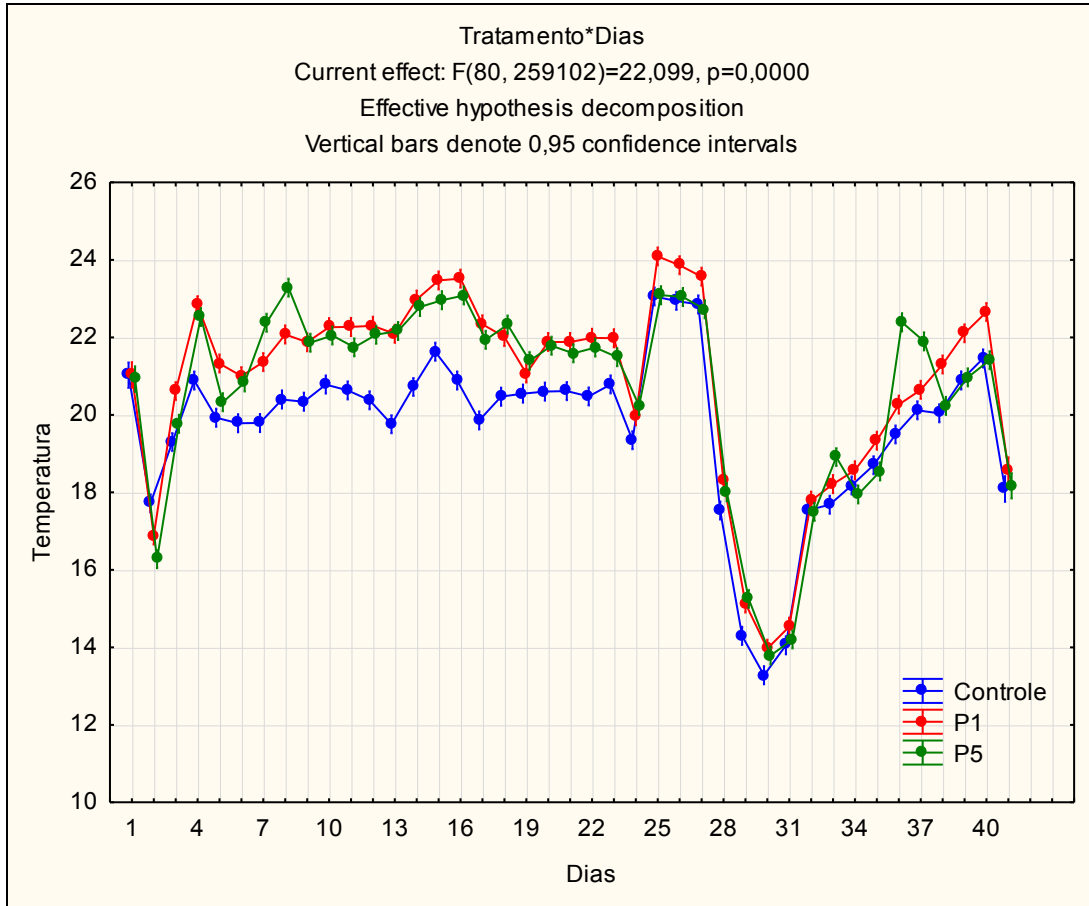
**Tabela 5.** Grau de significância ( $p < 0,001$ ) e o valor de F (22), quando comparados os dias de cada um dos tratamentos para o experimento no inverno

| Effect          | Univariate Tests of Significance for Temperatura (Spreadsheet)<br>Sigma-restricted parameterization<br>Effective hypothesis decomposition |                  |           |         |      |
|-----------------|---|------------------|-----------|---------|------|
|                 | SS  | Degr. of Freedom | MS        | F       | p    |
| Intercept       | 105209466   | 1                | 105209466 | 3455392 | 0,00 |
| Dias            | 1377680   | 40               | 34442     | 1131    | 0,00 |
| Tratamento      | 63388   | 2                | 31694     | 1041    | 0,00 |
| Dias*Tratamento | 53830   | 80               | 673       | 22      | 0,00 |
| Error           | 7889114   | 259102           | 30        |         |      |

Através da análise dos valores estatísticos da Tabela 5, verifica-se que para todos os interceptos, o valor de P é significativo ( $p < 0,0001$ ).

Afirmar que há diferença significativa entre cada um dos tratamentos no período de dias percorridos durante o experimento significa dizer que a temperatura interna de cada unidade experimental para cada tratamento foi diferente, ou seja, ocorrem variações de temperatura durante todo o experimento quando comparados o indivíduo controle com os demais tratamentos: porco contendo uma única perfuração (P1) e porco contendo cinco perfurações (P5). Desta forma, a variável aqui testada, temperatura, muda de acordo com o grau de perfurações aplicadas em cada espécime.

Quando se analisa graficamente as variações de temperaturas médias diárias para os três indivíduos experimentais (Controle, P1 e P5), são observadas oscilações térmicas entre eles durante todo o processo de decomposição para o Inverno, como mostrado no gráfico abaixo (Figura 8):



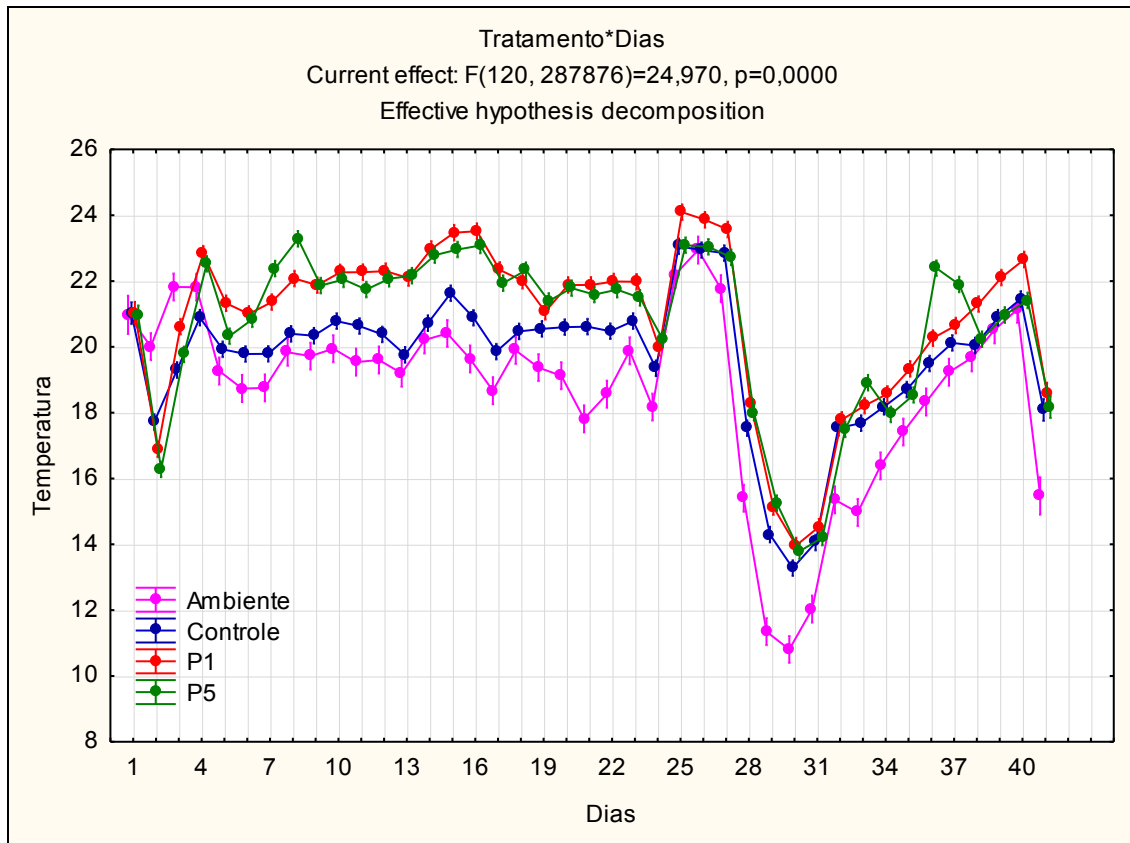
**Figura 8.** Variação de temperatura nos três tratamentos, durante os dias de experimento, para o Inverno.

Ao se analisar a Figura 8 pode-se verificar que, durante o período inicial de decomposição (primeira e segunda fases), a temperatura do indivíduo Controle, em azul no gráfico, é sempre inferior às temperaturas dos porcos contendo perfurações. Isso indica que houve uma colonização de larvas de insetos necrófagos precedente nos porcos P1 e P5, uma vez que a temperatura estar elevada significa que estavam ocorrendo movimentação larval e digestão nos locais onde os termômetros se encontravam, e liberação constante de calor metabólico resultante destas, através dos agregados larvais, além das reações químicas ectotérmicas pontuais resultantes do processo de decomposição, que ocorrem naturalmente, ou seja, com ou sem a presença de agregados larvais.

Esta mesma Figura 8 analisa apenas as temperaturas internas de cada um dos porcos dos tratamentos. Quando são analisadas estas vertentes acima, comparando com as médias diárias da temperatura ambiente, representada pelo datalogger colocado em água, medindo apenas a temperatura proveniente do ambiente, pode-se verificar o quanto oscila a temperatura interna dos indivíduos

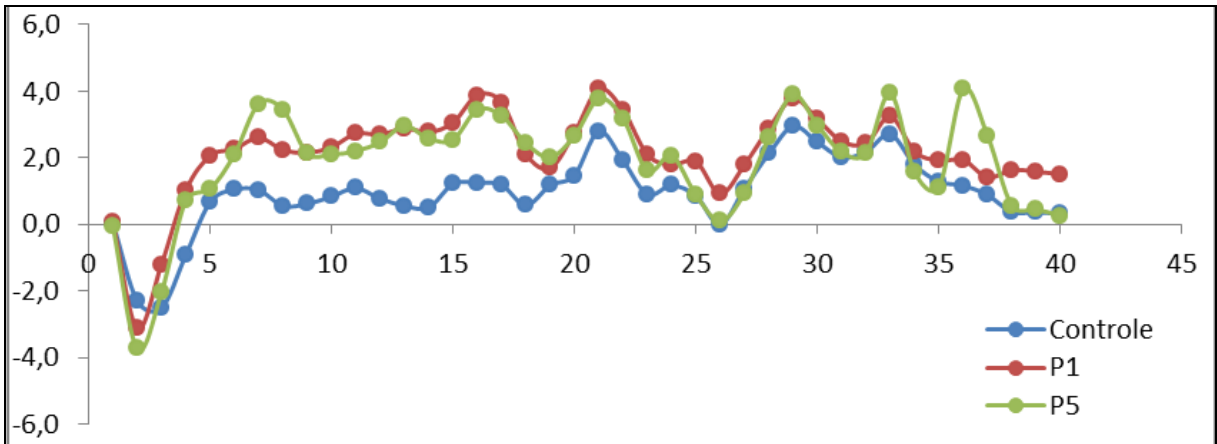
experimentais, de acordo com a temperatura padrão coletada por outro TidBit colocado no ambiente.

A seguir, na Figura 9, encontram-se também os dados de temperatura do ambiente:



**Figura 9.** Oscilações de temperatura para os três tratamentos, durante o Inverno, acrescentando-se a temperatura ambiente.

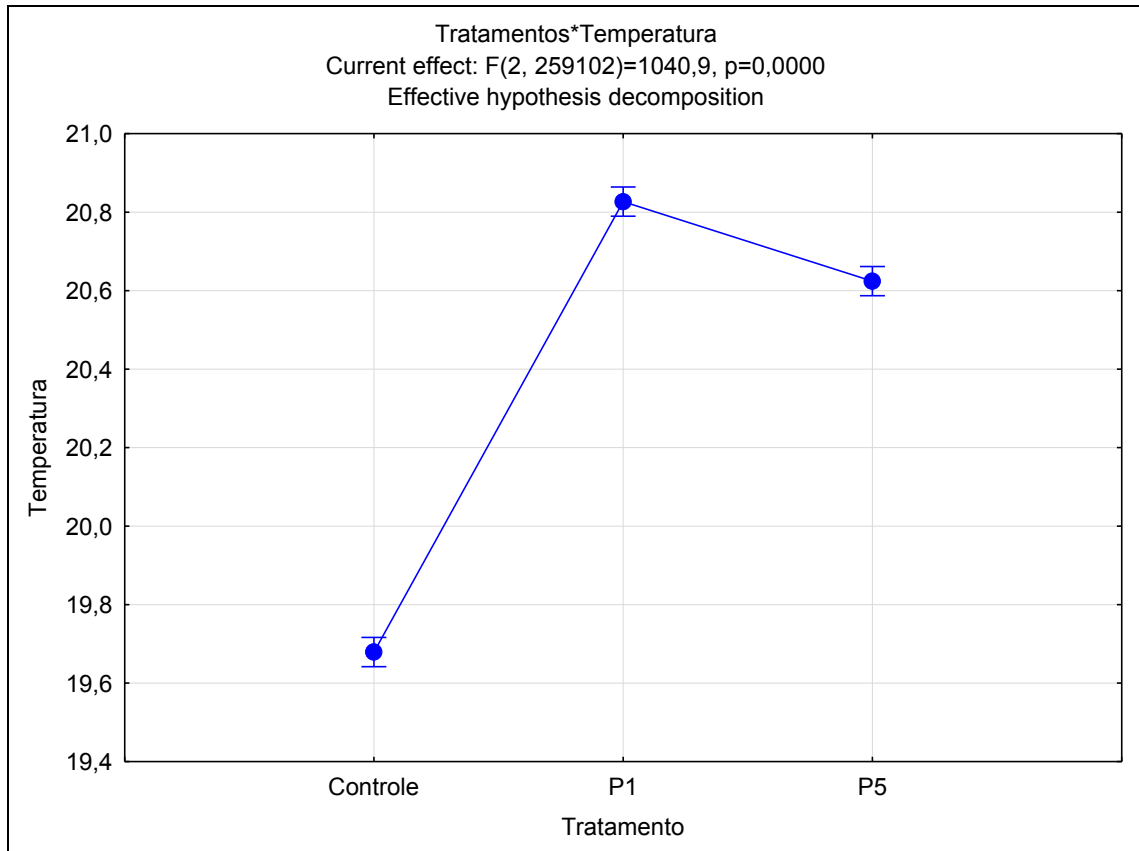
É importante destacar que os picos de temperaturas acima não representam a temperatura real produzida pelos aglomerados larvais dos insetos que estavam fazendo a decomposição, mas sim a temperatura total dos termômetros (calor larval + calor solar). Portanto, foi necessária fazer a subtração das temperaturas médias do ambiente pelas temperaturas médias de cada um dos tratamentos ao longo dos dias, como mostra a Figura 10, a qual mostra o cálculo de subtração das médias de temperaturas diárias de cada um dos dataloggers das regiões experimentais dos espécimes, pelas médias de temperaturas diárias do datalogger colocado em água (como descrito na Metodologia Geral), que captava apenas o calor advindo do aquecimento solar. Este resultado mostra qual o aquecimento real provindo pela decomposição.



**Figura 10.** Temperaturas produzidas pelos aglomerados larvais nos tratamentos, (temp. ambiente - temp. porco)

Observa-se uma discrepância de temperatura entre os tratamentos (Figura 10), apresentando o controle como o mais próximo da temperatura ambiente nos estágios iniciais de decomposição, quando comparado com os demais tratamentos.

Desta forma, percebe-se que há diferença nas médias de temperatura entre cada um dos tratamentos propostos, o que fica explícito no gráfico abaixo (Figura 11), que resume a média de temperatura entre eles e indica que realmente há diferença entre os três tratamentos.



**Figura 11.** Agrupamentos das médias de temperaturas totais para cada um dos tratamentos, mostrando a diferença significativa por grupos.

Até agora, foram definidos conceitos e comparações que levavam em consideração apenas os três indivíduos experimentais (controle, P1 e P5). Mas, como descrito na metodologia geral, cada indivíduo continha três Tidbits coletando dados constantemente: um na região da boca, outro na região central do corpo e um último na região do ânus. Desta forma, a partir de agora, serão analisadas essas diferenças pontuais entre os tratamentos, de acordo com as porções específicas do corpo, chamado estatisticamente de **Tratamento\*Porção**.

Um dos objetivos principais do presente trabalho foi comparar as porções do corpo em que os termômetros foram colocados, sendo elas: boca, perfuração interna central e ânus. Como resultado primário temos que a variação de temperatura entre cada uma das porções para os tratamentos apresentados é significativa ( $p<0,001$ ;  $F=131$ ).



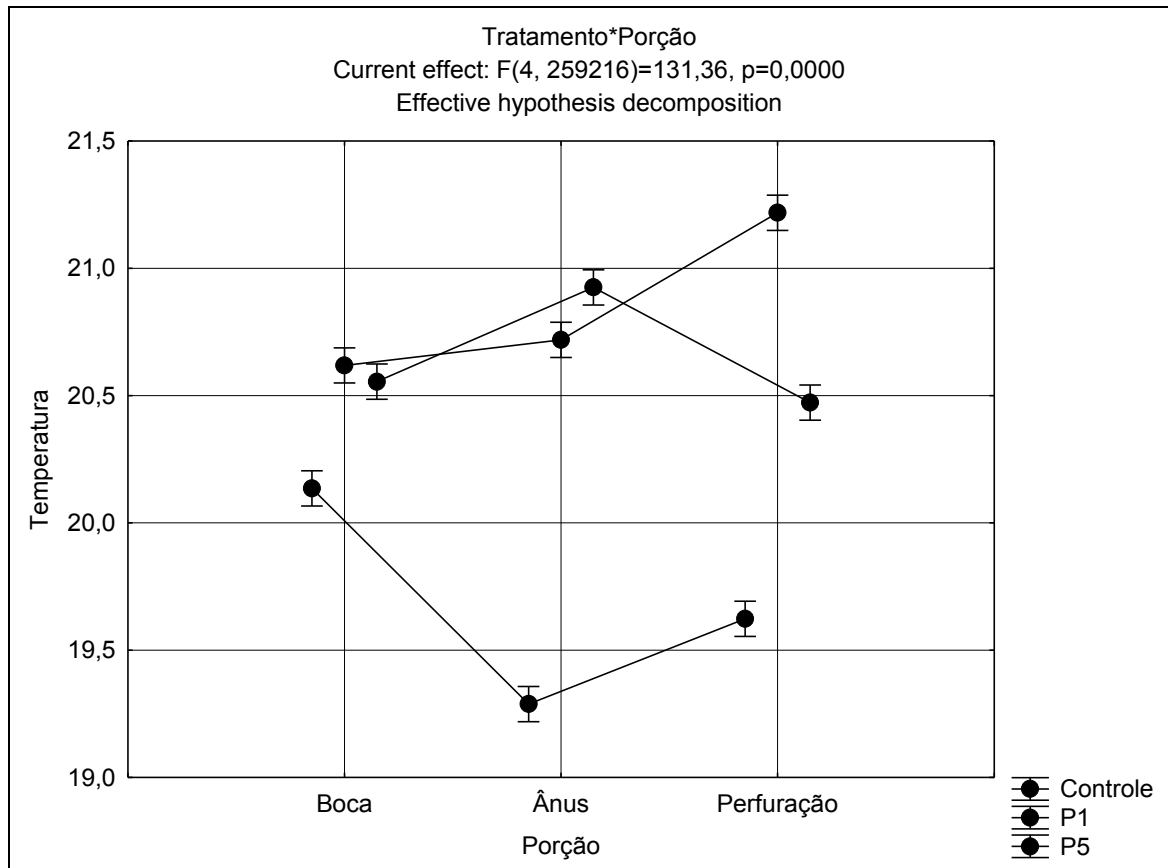
**Tabela 6.** Valores correlatos entre os tratamentos e porções do corpo, mostrando os valores de p e F para os testes estatísticos.

| Effect            | Univariate Tests of Significance for Temperatura (Spreadsheet)<br>Sigma-restricted parameterization<br>Effective hypothesis decomposition |                  |           |         |          |
|-------------------|---|------------------|-----------|---------|----------|
|                   | SS  | Degr. of Freedom | MS        | F       | p        |
| Intercept         | 107825864   | 1                | 107825864 | 3005102 | 0,000000 |
| Tratamento        | 67601   | 2                | 33800     | 942     | 0,000000 |
| Porção            | 922   | 2                | 461       | 13      | 0,000003 |
| Tratamento*Porção | 18854   | 4                | 4713      | 131     | 0,000000 |
| Error             | 9300912   | 259216           | 36        |         |          |

Os dados da Tabela 6 mostram que realmente houve diferença entre as temperaturas de cada uma das porções para os tratamentos propostos, de forma que os termômetros deram médias diárias diferentes durante o processo de decomposição.

Com o intuito de facilitar a compreensão da assertiva acima, foi construído um gráfico que agrupasse os três tratamentos com as três porções do corpo para cada um deles.

O gráfico abaixo (Figura 12) ilustra esta situação, em que se tem as temperaturas para cada uma das porções (boca, ânus e perfuração), comparando-se com cada um dos tratamentos (controle, P1 e P5).



**Figura 12.** Agrupamentos das porções (Boca, ânus e perfuração, para cada um dos tratamentos, mostrando a diferença de temperatura média entre eles.

Mais uma vez, as três porções corporais do indivíduo controle (em azul) apresentam médias de temperaturas inferiores aos dois outros indivíduos, o que nos mostra que a quantidade de larvas produzindo calor foi inferior nas três porções do corpo, uma vez que os três indivíduos foram colocados sob mesmas condições ambientais de temperatura e luminosidade.

Ainda refletindo sobre o gráfico acima, verifica-se que, para o indivíduo contendo apenas uma perfuração central (P1), as temperaturas das porções distais do corpo, boca e ânus, foram bastante semelhantes, contrastando com a média de temperatura da porção contendo a perfuração, possivelmente porque houve uma colonização maior de larvas na região da perfuração, quando comparado com os orifícios naturais.

Já no caso de P5, boca e ânus apresentaram uma média de temperatura levemente maior do que a média de temperatura da perfuração, possivelmente pelo fato dessas perfurações apresentarem um diâmetro menor, cerca de 3cm, não

sendo suficientes para atrair um número muito maior de insetos necrófagos do que os orifícios naturais, como boca e ânus.

Para finalizar a análise estatística do experimento do Inverno, foi feita a análise de dissiparidade através do teste a posteriori de Bonferroni, que nos permite fazer comparações múltiplas, que mostra que a variação para cara um dos tratamentos é significativa.

**Tabela 7.** Teste a posteriori de Bonferroni, mostrando que há diferença significativa (valores em vermelho) entre os três tratamentos.

| Bonferroni test; variable Temperatura (Spreadsheet) |            |        |          |          |
|---|------------|--------|----------|----------|
| Probabilities for Post Hoc Tests                    |            |        |          |          |
| Error: Between MS = 35,881, df = 2592E2             |            |        |          |          |
| Cell No.  | Tratamento | {1}    | {2}      | {3}      |
|   |            | 19,682 | 20,852   | 20,651   |
| 1   | Controle   |        | 0,000000 | 0,000000 |
| 2   | P1         | 0,00   |          | 0,000000 |
| 3   | P5         | 0,00   | 0,000000 |          |

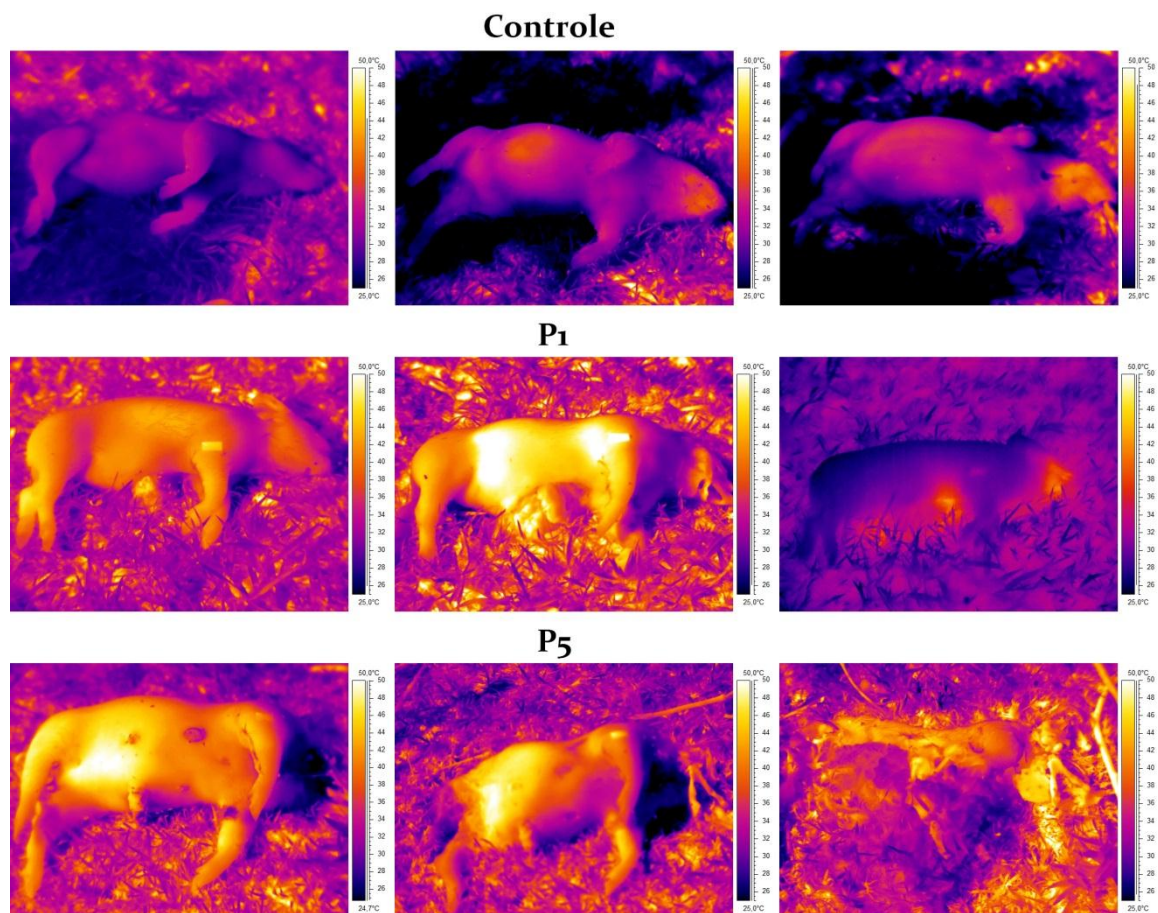
A Tabela 7 mostra entre quais tratamentos está ocorrendo variação significativa. Analisando pausadamente cada um dos tratamentos, verifica-se que há diferença significativa entre todos eles: controle está diferente de P1 e P5; P1 está diferente de controle e P5; assim como P5 está diferente de controle e P1. Este resultado foi obtido uma vez que os valores apresentados na tabela foram todos menores que 0,0001, mostrando que ocorre uma diferença significativa entre os tratamentos, para a estação de inverno.

#### 4.1.1. Análise térmica visual para o Inverno

Após uma análise quantitativa detalhada sobre as diferenças de temperaturas entre cada um dos tratamentos no inverno, cabe, pelo âmbito do trabalho, uma análise adicional desta temperatura, de modo a ser possível compararmos as superfícies térmicas de cada um dos tratamentos: controle, P1 e P5.

Para tal, o uso de fotografias térmicas possibilitou uma compreensão de quais eram os valores de calor em cada região dos porcos, havendo ou não perfuração artificial.

As imagens da Figura 13 ilustram alguns momentos das temperaturas superficiais para os três porcos, considerando os tratamentos durante o inverno:



**Figura 13.** Fotografias térmicas para os tratamentos durante os dias 10, 20 e 30, respectivamente, para o Inverno, em que tons mais claros indicam maiores temperaturas.

Como podemos observar na Figura 13, a temperatura nos momentos iniciais durante o processo de decomposição é quase constante em todo o corpo do indivíduo Controle, enquanto que para o indivíduo contendo uma perfuração abdominal, há um aumento da temperatura na região do orifício.

Para o indivíduo controle, observa-se que o início dos picos térmicos ocorre na região da boca, através da colonização das larvas, que ocasionam um aumento gradual da temperatura, assim como um aumento de temperatura na região do abdômem, fato este que talvez seja explicado através reações químicas, decorrentes da decomposição, que liberam calor durante as duas primeiras fases da decomposição (BORNEMISSZA, 1957), ou ainda pela ação constante do sol, incidindo sobre a superfície da parede corporal do indivíduo.

Com relação aos indivíduos que apresentavam perfurações artificiais (uma para P1 e cinco para P5), verificamos picos térmicos tanto para os orifícios naturais (boca e ânus), assim como picos térmicos nas regiões das perfurações artificiais, como mostrado na terceira imagem do tratamento P1. Isto comprova o fato de que há uma liberação de energia através da movimentação e digestão pelos agregados larvais nessas regiões do corpo (GOMES *et al.*, 2006), havendo, assim, a digestão da carne putrefata em várias regiões do corpo ao mesmo tempo, acelerando, portanto, o processo de decomposição nos indivíduos que apresentem algum tipo de perfuração artificial.

#### 4.2. Segunda parte: Verão

A segunda parte do experimento, que se deu durante a estação de Verão, perdurou apenas 10 dias.

A primeira análise que foi feita, baseia-se na comparação entre o que estava acontecendo em cada um dos dias durante o experimento, para cada um dos três tratamentos propostos. Ou seja, esta análise inicial permite verificar se os estágios de decomposição são correspondentes entre os tratamentos. Este tipo de análise foi estatisticamente chamada de **Tratamento\*Dias**, uma vez que, novamente, foi feita a comparação diária de médias de temperaturas, para cada um dos tratamentos, nas devidas regiões corporais, previamente detalhadas.

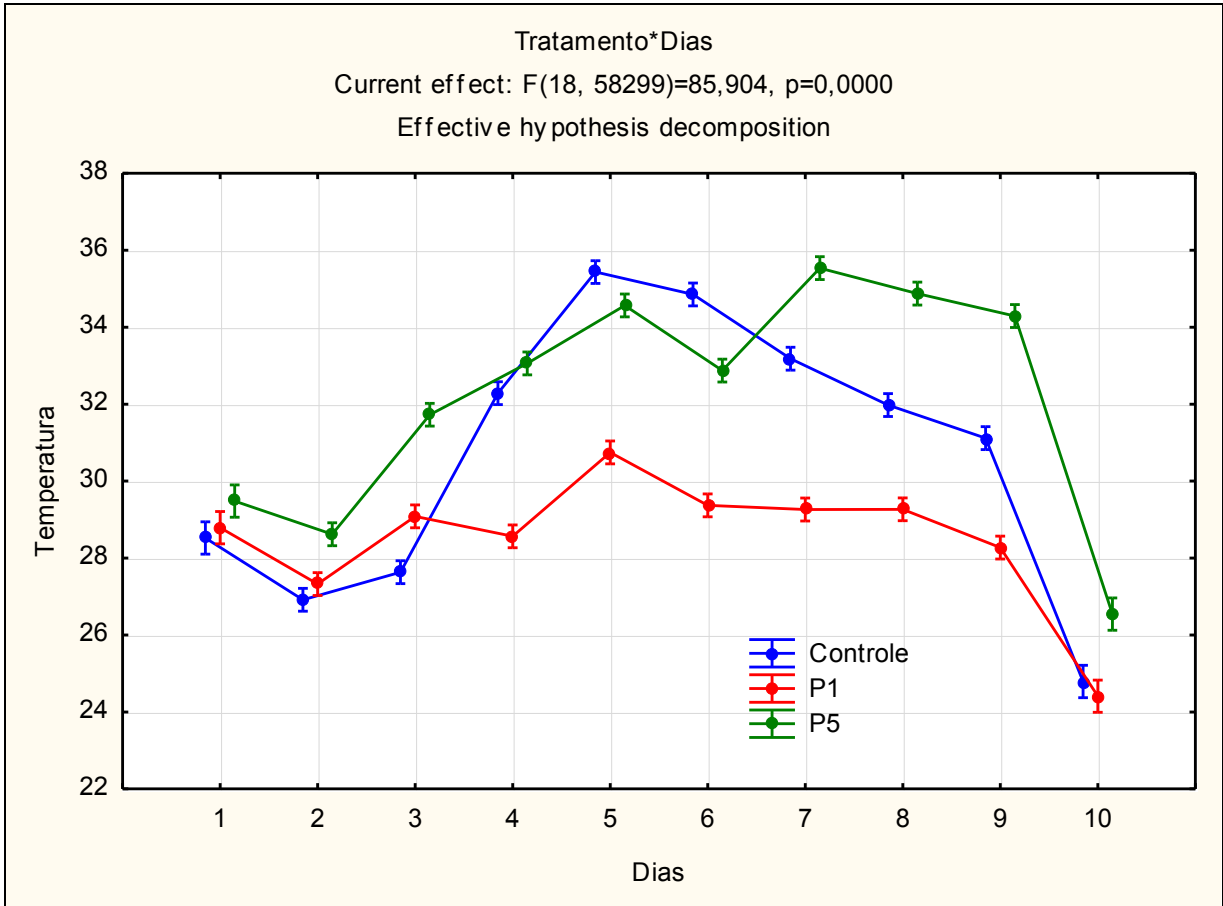
A Tabela 8 mostra os primeiros testes estatísticos quando comparados cada um dos tratamentos durante o passar do tempo experimental:

**Tabela 8.** Grau de significância ( $p < 0,001$ ) e o valor de F (86), quando comparamos os dias de cada um dos tratamentos para o experimento no verão.

| Effect          | Univariate Tests of Significance for Temperatura (Spreadsheet) |                  |         |         |      |
|-----------------|--|------------------|---------|---------|------|
|                 | SS   | Degr. of Freedom | MS      | F       | p    |
| Intercept       | 5007639  | 1                | 5007639 | 1007266 | 0,00 |
| Tratamento      | 121191   | 2                | 60596   | 1219    | 0,00 |
| Dias            | 289491   | 9                | 32166   | 647     | 0,00 |
| Tratamento*Dias | 76873  | 18               | 4271    | 86      | 0,00 |
| Error           | 2898344  | 58299            | 50      |         |      |

Ao analisar a Tabela 8, agora para o verão, verifica-se que para todos os interceptos, o valor de p é significativo ( $p < 0,0001$ ).

A seguir, a Figura 14, com o gráfico de todos os três tratamentos (controle, P1 e P5), mostrando as oscilações de temperatura ao longo de todo o experimento no verão.



**Figura 14.** Variação das médias de temperaturas diárias nos três tratamentos, durante os dias de experimento para o Verão.

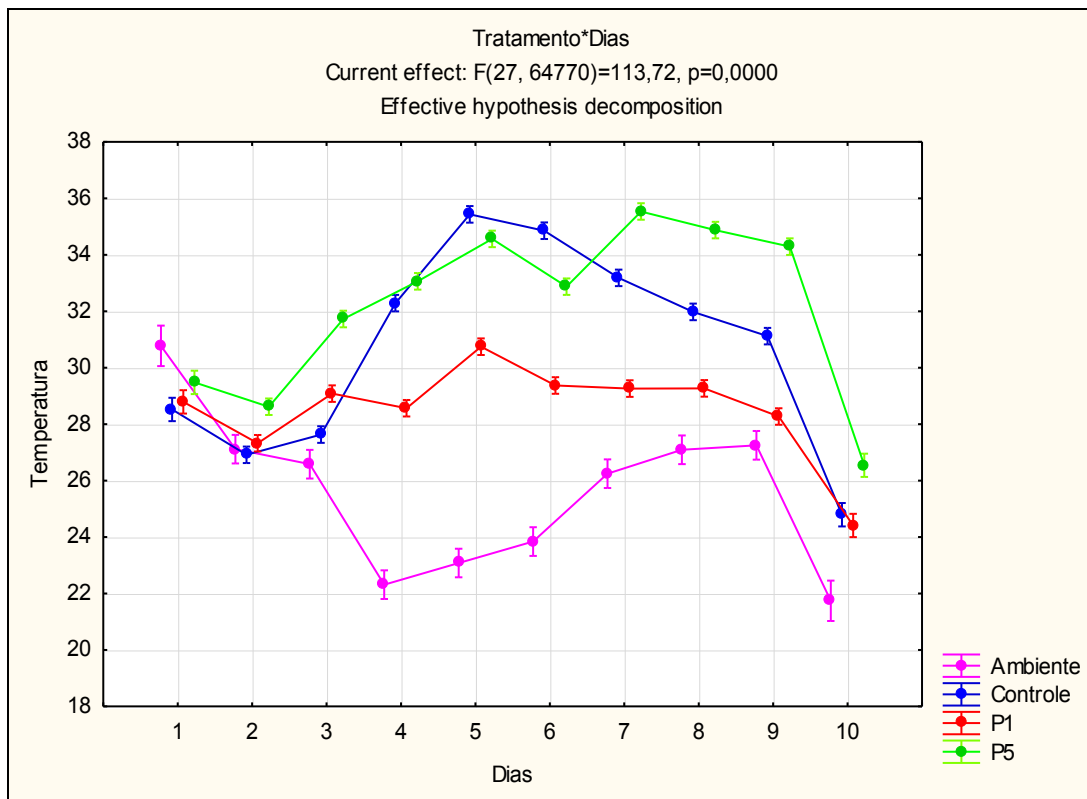
Analisando agora esta Figura 14, que mostra todas as médias de temperaturas para os três porcos durante os 10 dias de decomposição, verificamos que, durante os três primeiros dias, a temperatura entre eles é bastante próxima. Mas, a partir do quarto dia, ocorre um aumento gradual e constante de temperatura para os porcos P1 e P5, até o quinto e sétimo dias, respectivamente, comparados com o porco controle.

Isto se dá pelo fato das perfurações artificiais nos porcos garantirem uma maior atratividade para insetos necrófagos colocarem seus ovos nessas e noutras regiões destes porcos, ocasionando assim uma imensa quantidade de larvas e, conseqüentemente, um maior calor específico para o interior destes porcos, o que ocasionou esse aumento de temperatura no gráfico.

Cabe aqui destacar e lembrar que as temperaturas apresentadas na Figura 14 levam em consideração o calor absorvido pelos termômetros tanto da ação larval,

quanto do calor obtido através do ambiente, portanto, é imprescindível mostrar um gráfico que apresente também as médias de temperaturas ambientes.

Desta forma, na Figura 15 encontram-se também os dados de temperatura do ambiente, podendo assim realizar uma comparação entre as temperaturas de cada um dos tratamentos, com o ambiente em que eles se encontravam.

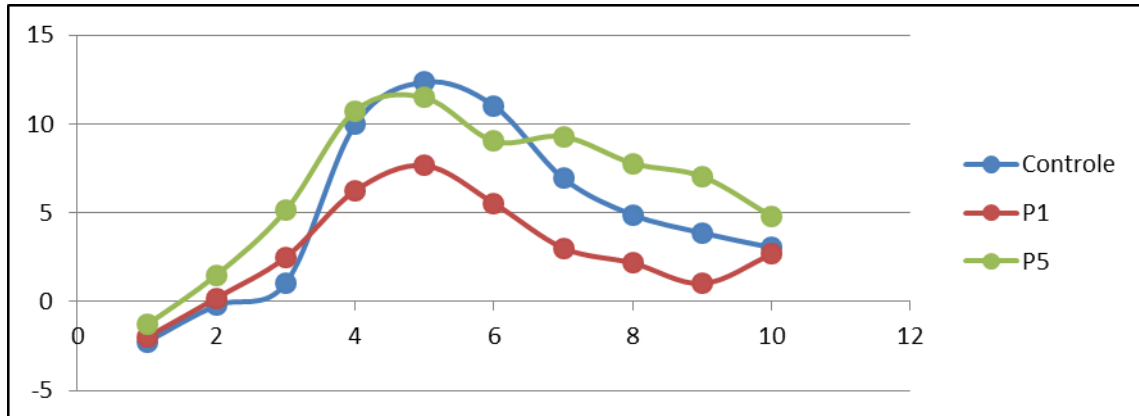


**Figura 15.** Oscilações de temperatura para os três tratamentos, durante o Verão, acrescentando-se a temperatura ambiente.

É importante destacar que os picos de temperaturas acima não representam a temperatura real produzida pelos aglomerados larvais dos insetos que estavam fazendo a decomposição, mas sim a temperatura total dos termômetros (calor larval + calor solar). Portanto, foi necessária fazer a subtração das temperaturas médias do ambiente pelas temperaturas médias de cada um dos tratamentos ao longo dos dias, como mostra o gráfico abaixo (Figura 16), o qual mostra o cálculo de subtração das médias de temperaturas diárias de cada um dos dataloggers das regiões experimentais dos espécimes, pelas médias de temperaturas diárias do datalogger colocado em água (como descrito na Metodologia Geral), que captava apenas o

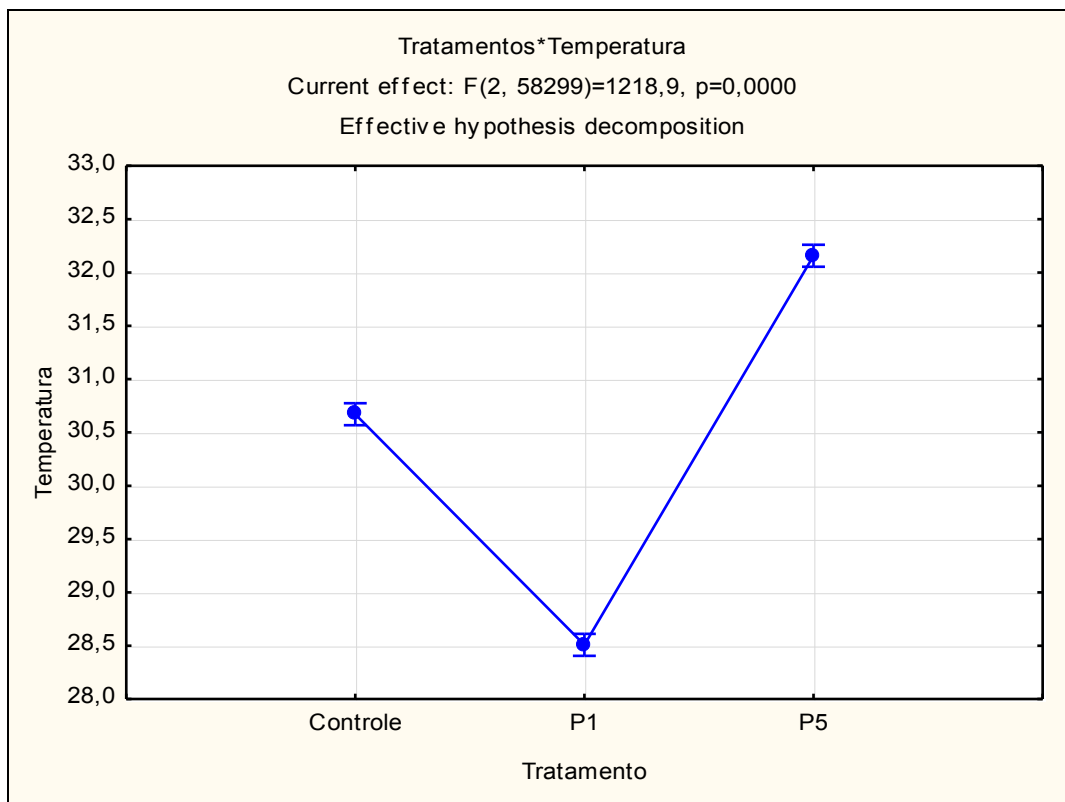


calor advindo do aquecimento solar. Este resultado mostra qual o aquecimento real provindo pela decomposição.



**Figura 16.** Temperaturas reais produzidas pelos aglomerados larvais nos tratamentos (temp. ambiente - temp. porco)

Novamente, é clara a discrepância de temperatura entre os tratamentos quando se analisa a Figura 17, que mostra tal diferença para cada um dos tratamentos.



**Figura 17.** Agrupamentos das médias de temperaturas totais para cada um dos tratamentos, mostrando a diferença significativa por grupos.

Esta figura mostra que há diferença significativa entre cada um dos tratamentos. Mas um fato curioso a ser abordado é que P1 apresenta menor média de temperatura dentre os três tratamentos. Isto se dá pelo fato do tratamento P1, quando realizada a comparação com o ambiente, apresentar menores valores de temperaturas (na subtração entre temperatura do tratamento e temperatura do ambiente). Desta forma, P1 é o tratamento que mais se assemelhou com o ambiente, seguido de controle e P5, possivelmente devido à fatores intrínsecos de cada indivíduo, uma vez que todos foram submetidos a mesmo tratamento.

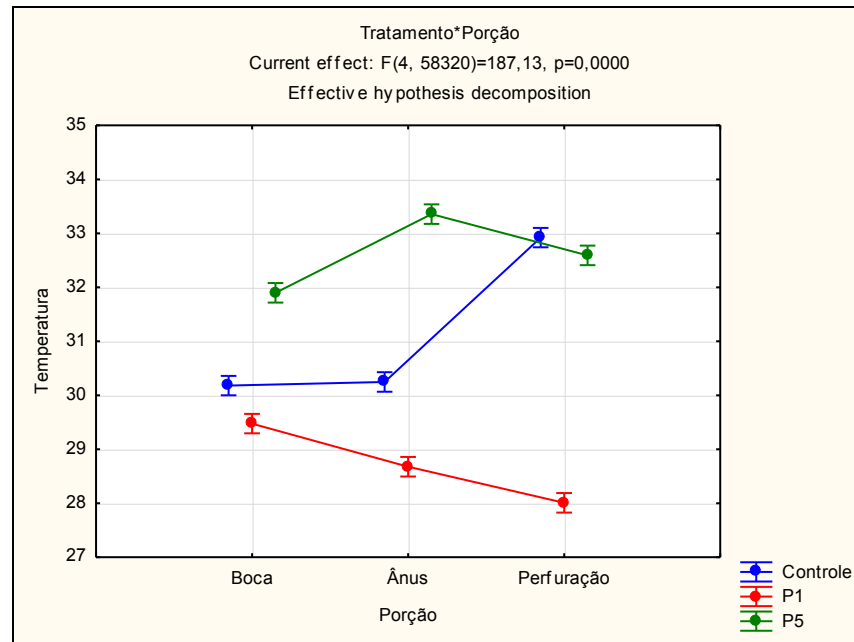
Até agora, novamente, foram definidos conceitos e comparações que levavam em consideração apenas os três indivíduos experimentais (controle, P1 e P5). Mas, como descrito na metodologia geral, cada indivíduo continha três Tidbits coletando dados constantemente: um na região da boca, outro na região central do corpo e um último na região do ânus. Desta forma, a partir de agora, são analisadas essas diferenças pontuais entre os tratamentos, de acordo com as porções específicas do corpo, chamado estatisticamente de **Tratamento\*Porção**, para o Verão.

Como resultado primário entre tratamentos e porções do corpo para o Verão, tem-se que é significativa a variação de temperatura entre cada uma das porções para os tratamentos apresentados ( $p < 0,001$ ;  $F = 187$ ), como mostrado na Tabela 9.

**Tabela 9.** Valores correlatos entre os tratamentos e porções do corpo, mostrando os valores de p e F para os testes estatísticos.

| Effect            | Univariate Tests of Significance for Temperatura (Spreadsheet Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition) |                  |          |         |      |
|-------------------|---|------------------|----------|---------|------|
|                   | SS  | Degr. of Freedom | MS       | F       | p    |
| Intercept         | 55395407  | 1                | 55395407 | 1003584 | 0,00 |
| Tratamento        | 150165  | 2                | 75082    | 1360    | 0,00 |
| Porção            | 4271  | 2                | 2135     | 39      | 0,00 |
| Tratamento*Porção | 41316   | 4                | 10329    | 187     | 0,00 |
| Error             | 3219122   | 58320            | 55       |         |      |

A Figura 18 ilustra a situação em que se tem as temperaturas para cada uma das porções (boca, ânus e perfuração), para cada um dos tratamentos (controle, P1 e P5).



**Figura 18.** Agrupamentos das porções (Boca, ânus e perfuração, para cada um dos tratamentos, mostrando a diferença de temperatura média entre eles.

Com base na análise deste gráfico, verifica-se que, desta vez, o indivíduo que apresenta menores médias de temperaturas para as três porções corporais é o P1.

Cabe destacar que o processo de decomposição para os três porcos no verão se deu de forma muito rápida, com apenas alguns dias (cerca de dois) onde haviam realmente grandes aglomerados larvais em contato com os termômetros. Portanto, desta forma, muitas vezes afirmar que um tratamento apresentou temperatura mais elevada do que outro não significa dizer precisamente que a quantidade larval fosse maior ou não. O que temos como complemento para tal são as observações visuais, nas quais observou-se que a quantidade larval em P1 e P5 foi consideravelmente maior nos estágios iniciais de decomposição, o que ocorreu somente mais tarde no indivíduo controle.

Para finalizar a análise estatística do experimento do Verão, novamente foi feita a análise de dissiparidade através do teste *a posteriori* de Bonferroni, que permite fazer comparações múltiplas que mostram que a variação para cada um dos tratamentos é significativa, como apresentado na Tabela 10.

**Tabela 10.** Teste a posteriori de Bonferroni, mostrando que há diferença significativa (valores em vermelho) entre os três tratamentos.

| Bonferroni test; variable Temperatura (Spreadsheet); Probabilities for Post Hoc Tests<br>Error: Between MS = 55,198, df = 58320, |            |        |        |        |
|--|------------|--------|--------|--------|
| Cell No.   | Tratamento | {1}    | {2}    | {3}    |
|  |            | 31,116 | 28,720 | 32,616 |
| 1  | Controle   |        | 0,00   | 0,00   |
| 2  | P1         | 0,00   |        | 0,00   |
| 3  | P5         | 0,00   | 0,00   |        |

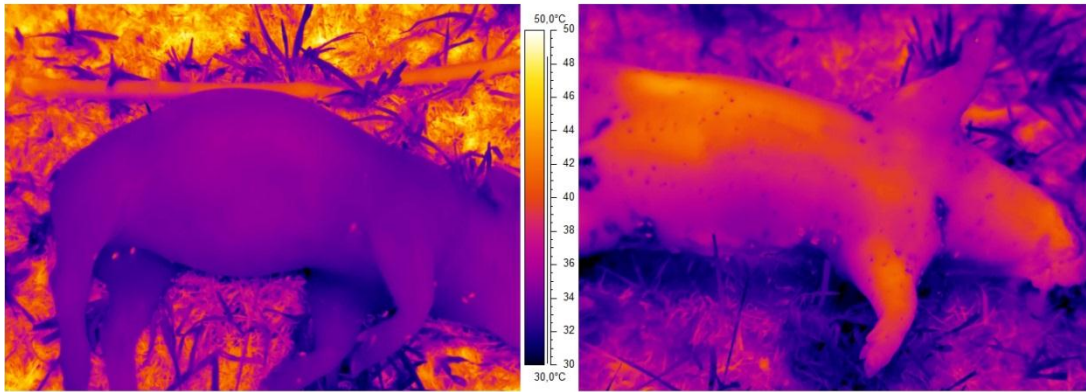
Novamente, todos os cruzamentos são significativamente diferentes ( $p < 0,0001$ ), de forma que: controle é diferente de P1 e P5; P1 é diferente de controle e P5; assim como P5 é diferente de controle e P1, mostrando que ocorre uma diferença significativa entre os tratamentos, para a estação verão.

#### 4.2.1. Análise térmica visual para o Verão

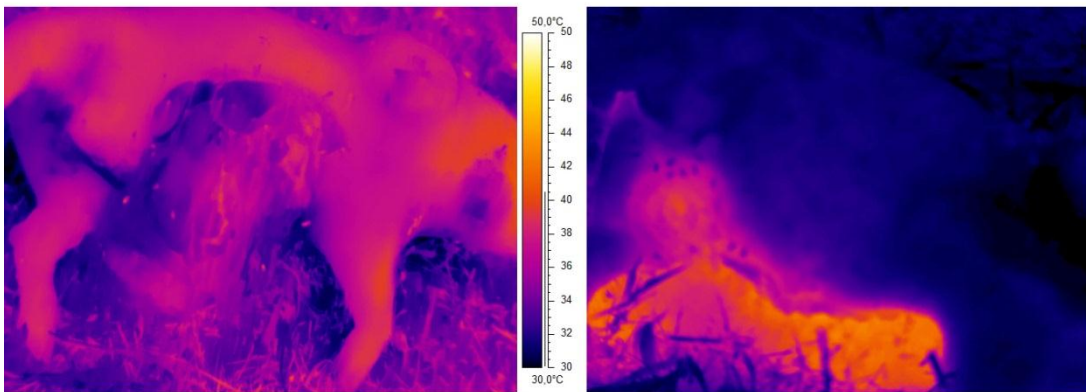
Novamente foram feitas fotografias térmicas diárias para que fosse possível uma comparação da temperatura superficial de cada um dos porcos dos tratamentos propostos, de modo a analisar se há alguma diferença visual na temperatura de decomposição para cada um deles.

A Figura 19 ilustra esta comparação, durante dois momentos nos 10 dias de decomposição para o Verão:

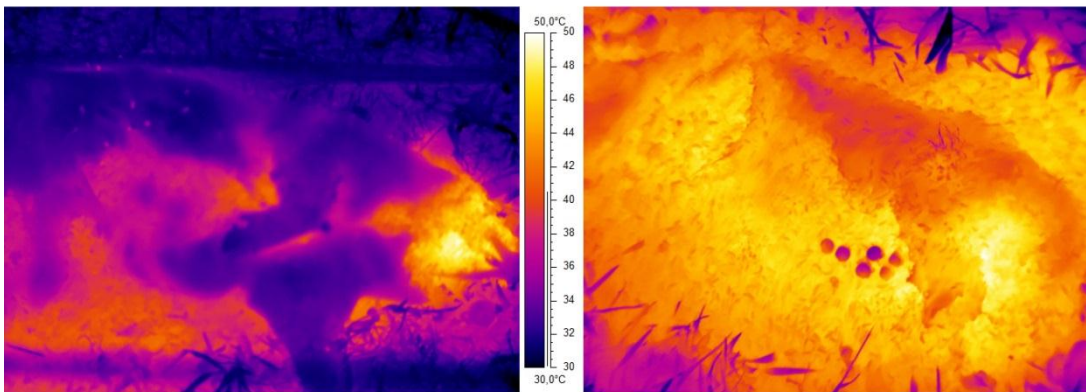
## Controle



## P1



## P5



**Figura 19.** Imagens térmicas para os tratamentos durante o Verão, em que tons mais claros indicam maiores temperaturas.

Com base nas imagens da Figura 19, fica clara a distinção temporal entre as fases do desenvolvimento para controle e os demais tratamentos, uma vez que as fotos foram feitas ao mesmo momento (segundo dia após o início do experimento e quinto dia após o início do mesmo). Desta forma, logo nos dias iniciais, foi observado que há uma grande concentração de calor nas regiões perfuradas, tanto

para P1 quanto para P5, o que mostra que houve uma colonização muito mais acelerada nestes indivíduos do que no indivíduo controle. Assim sendo, comparando as fotografias feitas no quinto dia de decomposição, verificamos que o indivíduo controle apresenta-se apenas na fase de inchaço máximo, enquanto que P1 já se encontra praticamente todo decomposto, principalmente na região abdominal onde a perfuração foi feita; assim como P5, que apresenta quase que a totalidade de carne consumida, restando apenas pequenas porções da mesma e ossos.

É bastante clara a distinção entre velocidade de decomposição, quando se compara o controle com os porcos com perfurações artificiais, via imagens da Figura 19, que são bem contrastantes quando analisadas as temperaturas superficiais das mesmas.

## **5. Conclusões**

Analisando estatisticamente os dados referentes ao processo de decomposição a diferentes temperaturas, foi observado que ocorre diferença significativa entre verão e inverno, de forma que, tanto quantitativamente, quanto visualmente, este foi muito mais acelerado no verão do que no inverno (cerca de quatro vezes mais rápido). Outro fator que merece destaque é o fato de que as perfurações aceleraram o processo de decomposição, uma vez que, em ambas as estações, o espécime controle foi aquele que demorou mais para passar de uma fase de decomposição para outra, tendo seu processo de putrefação retardado, quando comparado com os demais tratamentos.

Desta forma, pode-se concluir que perfurações artificiais permitem uma maior atração de insetos necrófagos, de maneira a haver uma colonização por estes de uma forma muito mais acelerada na carcaça, desenvolvendo um número maior de imaturos necrófagos e acelerando, portanto, a duração do processo de decomposição.

Portanto, extrapolando-se a atual pesquisa para casos de âmbito forense, pode-se afirmar que mortes causadas por algum tipo de arma que lesione a derme da vítima, causando orifícios artificiais, normalmente devem acelerar o processo de decomposição do corpo, quando comparadas com uma vítima que tenha sucumbido de forma natural ou que não apresentasse nenhuma perfuração artificial.

## 6. Referências Bibliográficas

ANDERSON, G.S. **Insects succession on carrion and its relationship to determining time of death.** In: Byrd JH, Castner JL (eds) **Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations.** CRC, LLC, USA, pp 143–175, 2001.

BENECKE, M. **A brief history of forensic entomology.** *Forensic Sci Int* 120(1–2):2–14. 2001.

BORNEMISSZA, G.F. **An analysis of arthropod succession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna.** *Aust. J. Zool.*, 5: 1-12. 1957.

BORROR, D.J., TRIPLEHORN, C.A., JOHNSON, N.F. **An introduction to the study of insects**, 6 ed. Saunders College Publishing, USA, 1989.

CASTNER, J.L. **General biology and arthropod biology.** In: Byrd JH, Castner JL (eds) **Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations.** CRC, LLC, USA, pp 17–42, 2001.

CATTS, E. P. **Problems in estimating the PMI in death investigations.** *J. Agric. Entomol.* In Press. 1992

EARLY, M., GOFF, M. L. **Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O’ahu, Hawaiian Islands, USA.** *J. Med. Entomol.* 23:520-31. 1986

GOMES L.; GODOY, W. A. & VON ZUBEN, C. J. **Postfeeding larval dispersal: implications to forensic entomology.** *Naturwissenschaften* 93:207-215. 2006.

GREENBERG, B., KUNICH, J.C. **Entomology and the law: flies as forensic indicators.** Cambridge University Press, New York, USA, 2005.

HIGLEY, L. G.; PETERSON, R. K. D. "Initiating sampling programs". In L. P. Pedigo and G. D. Buntin (Eds), ***Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture***, Boca Ranton: CRC Press, 1994.

MARCHENCKO, M. I. **The use of temperature parameters of fly growth in medicolegal practice. General trends.** Proc. Int. Conf. Med. Vet. Dipterol. Ceske Budejovica, 1988:254-57. 1988

MCIVER, S.B. **Sensilla of mosquitos (Diptera: Culicidae).** J Med Entomol 19:489–535, 1982.

OLIVEIRA-COSTA, J. **A entomologia forense e suas aplicações.** In: **Entomologia Forense-Quando os insetos são os vestígios.** Campinas-SP: Editora Millenium. Cap.3, p. 39-50, 2008.

SMITH, K.G.V. **A manual of forensic entomology.** Trustees of the British Museum, London, 1986.

VICKERS, N.J. **Mechanisms of animal navigation in odor plumes.** Biol Bull 198:203–212, 2000.



## **CAPÍTULO 4 - “Check-list” de Diptera necrófaga durante o processo de decomposição em *Sus scrofa*, em duas estações do ano: verão e inverno”**

### **1. Introdução**

O filo Arthropoda, o maior filo do reino animal, compreende cerca de três quartos de todas as espécies catalogadas até então: mais do que três vezes a soma de todas as outras espécies animais já conhecidas (RUPPERT *et al.*, 2005).

Dentro de Arthropoda, encontra-se a Classe Insecta (Superclasse Hexapoda), representada pelos insetos, alados ou não, e sua grande diversidade de formas, cores e tamanhos, apresentando cerca de um milhão de espécies descritas até o momento (BRUSCA & BRUSCA, 2007).

Tais indivíduos estão associados a todo e qualquer tipo de clima e habitat, desde desérticos, vulcânicos, marinhos (restritos a zonas litorâneas) e até em ambientes congelados como antárticos (ANDERSEN, 1999). Tal fato é um dos motivos que explica a grande irradiação dos insetos ao longo dos anos, juntamente com o fato de terem coevoluído com plantas formadoras de flores e frutos (Angiospermas), assim como o advento do voo, fatores que garantiram um enorme sucesso evolutivo para o grupo ao longo de sua evolução. Desta forma, quando se fala da grande diversidade e quantidade de insetos atuais, é importante saber os reais motivos desse grande sucesso adaptativo para o grupo garantido pelo advento do voo, pela coevolução com angiospermas e a conquista de diversos tipos de habitats de forma acelerada (RUPPERT *et al.*, 2005).

Atualmente existem cerca de 32 ordens de insetos descritas, com a esmagadora maioria delas ainda viventes, e apenas algumas poucas fósseis (RAFAEL *et al.* 2012).

Dentre todas as ordens, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera e Lepidoptera se destacam pelo elevado número de espécies descritas, sendo, portanto, consideradas ordens megadiversas quando comparadas com as demais conhecidas até então (RUPPERT *et al.*, 2005). Tal fato é explicado pelo padrão de desenvolvimento dos indivíduos dessas ordens, uma vez que é do tipo holometábolo (desenvolvimento completo), resultando que, durante o ciclo, o indivíduo passe por

estágios de desenvolvimento diferentes (ovo, larva, pupa e imago ou adulto), em quase todos os casos não há competição por habitat/alimento entre as fases de vida da espécie, favorecendo, portanto, o desenvolvimento e sucesso da mesma (HICKMAN et al., 2004).

Uma vez tomado conhecimento da imensurável quantidade de insetos que coabitam o planeta com a espécie humana, é praticamente impossível separar tais artrópodes dos humanos, seja considerando um relacionamento com efeitos positivos ou negativos para os humanos e suas atividades, como discutido a seguir.

Com relação ao equilíbrio entre os insetos e o meio ambiente, podemos destacar alguns exemplos importantes do mesmo, como colocado Gomes *et al.*, no livro Entomologia Forense: novas tendências e tecnologias nas ciências criminais (2010).

Positivamente, temos que:

- Grande parte das angiospermas atuais é polinizada por insetos, sendo que muitas frutas apresentam coespecificidade com determinados insetos de forma que se um deixa de existir, naturalmente o outro também sofrerá danos;
- Produção de produtos utilizados pelo homem nos ramos da apicultura e da sericultura;
- Ciclagem de nutrientes através do processo de decomposição;
- Papel na elucidação de processos legais, ramo denominado de entomologia forense, indicando diversos fatores supracitados como IPM, local e causa da morte, entre outros.
- Medicina alternativa: um exemplo atual disto é encontrado na terapia larval, na qual larvas de moscas são utilizadas para a remoção de tecidos necrosados através de sua alimentação assídua de matéria em putrefação, realizando uma limpeza precisa da área afetada.
- Utilizados como alimentos, variando o “*menu*”, desde besouros até gafanhotos, fato este correlacionado com a grande quantidade energética/proteica contida nestes invertebrados;
- Controle populacional: introdução de inimigos naturais tanto de plantas quanto de insetos, considerados pragas para a sociedade.

Negativamente, temos que:

- Ectoparasitas de vertebrados, se alimentando ou não diretamente de sangue, como o caso de piolhos que são associados com humanos;
- Dípteros causadoras de miíases, cujas larvas se desenvolvem em tecidos vivos, tornando o hospedeiro enfraquecido e mais susceptível ao ataque de microrganismos causadores de doenças;
- Vetores de patógenos para humanos, incluindo dengue, malária, febre amarela, filariose, doença de Chagas, entre outras.

Os fatores citados anteriormente foram colocados para destacar a importância de se conhecer cada vez mais os insetos, uma vez que eles estão presentes, inevitavelmente, em nosso dia-a-dia. Desta forma, é muito importante que levantamentos de insetos de áreas específicas sejam feitos, buscando conhecer mais sobre quais insetos estão presentes em cada região do planeta.

A partir disso, Nuorteva (1963) estabeleceu um índice de sinantropia tentando inferir o grau de afinidade de alguns insetos com o ser humano. Ainda é importante afirmar que há uma grande frequência de atuação de insetos enquanto vetores de enteropatógenos, transmissores de várias doenças, ou ainda algumas espécies sendo consideradas como pragas agrícolas, se tornando assim organismos de grande importância médico-veterinária-agrícola, pelo grande prejuízo causado à saúde e à agricultura (D'ALMEIDA, 1992).

Cada um dos fatores descritos anteriormente está associado a insetos da ordem Diptera, uma das mais numerosas e megadiversas das ordens atuais de insetos (Greenberg, 1971). Furlanetto et al. (1984) destacam em seus trabalhos a grande importância de moscas caliptradas (dentre as quais podemos citar as moscas varejeiras) sob o aspecto sanitário por serem vetores de patógenos como cistos de amebas, ovos de helmintos, vírus, fungos e ainda enterobactérias associadas a seu trato digestivo, além de possuírem um elevado índice de sinantropia quando comparadas a outros grupos de Diptera.

Um fato que merece destaque é que tais dípteros muscóides têm o desenvolvimento de seu ciclo de vida presente nos mais diversos substratos possíveis, variando desde tecidos vivos, lixo urbano, fezes e tecidos mortos de

carcaças em decomposição, servindo de alimento tanto para imaturos quanto para imagos destes organismos (Furlanetto, 1984).

Desta forma, é fundamental o conhecimento de quais dípteros estão presentes em cada região, para se poder, por exemplo, listar quais os principais danos que estes dípteros em específico podem causar à comunidade da qual fazem parte.

Tal conhecimento pode ser feito através de coleta, ativa ou passiva, nos mais diversos tipos de substratos a que tal grupo é atraído, sendo possível assim a elaboração de “*check-lists*” específicas para cada região.

## **2. Objetivos**

Analisar possíveis diferenças no número de espécies de dípteros necrófagos visitantes em carcaças de suínos para duas estações do ano em um clima tropical: inverno e verão, além de verificar se há diferença significativa na diversidade de Diptera necrófaga para cada um dos tratamentos propostos, de acordo com diferentes níveis de perfurações.

## **3. Material e Métodos**

Todo o experimento de coleta se deu no mesmo local de deposição dos suínos, como descrito no Capítulo 1.

As coletas foram feitas diariamente, nos três porcos, tanto na estação quente quanto na estação fria, para que fosse possível tanto uma análise comparativa de espécies de dípteros coletados entre as estações e entre cada um dos tratamentos (Controle, porco com uma perfuração abdominal e porco com cinco perfurações abdominais).

O horário destinado às coletas foi das 13:00 às 14:00 horas, horário com maior atividade insetívora diurna (MORETTI *et al*, 2008), diariamente, até o momento em que ainda existissem adultos sobrevoando as carcaças, sendo destinados 20 minutos de coleta exclusiva de adultos para cada um dos porcos dos três tratamentos propostos, dentro deste intervalo de uma hora de coleta diária.

Os adultos foram coletados diretamente, através de rede entomológica, enquanto sobrevoavam as carcaças. Todo indivíduo coletado foi morto com Acetato de Etila, cedido pelo Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências – Rio Claro. Após mortos, os indivíduos foram transferidos para potes contendo álcool 70% datados e catalogados de acordo com cada tratamento, onde foram mantidos até o momento da identificação.

Após o término de cada período de coleta (tanto no inverno quanto no verão), os indivíduos foram identificados, até nível específico, quando possível, através da ajuda de livros textos e chaves dicotômicas específicas para cada família de Diptera.

Para a identificação em nível de família, foram utilizados tanto livro texto (RAFAEL, *et. al*, 2012) como também chaves dicotômicas específicas para a ordem Diptera, como a chave proposta por Carvalho & Mello-Pattiu (2008), retratando as espécies mais comuns de moscas de interesse forense da América do Sul, especialmente o Brasil.

Já para o âmbito específico, foram utilizadas chaves específicas para cada família, como a chave proposta por Carvalho & Ribeiro (2000), tratando com exclusividade de dípteros da família Calliphoridae do Brasil.

Para famílias que não foi encontrada chave proposta, foi realizada a identificação com a ajuda de sites acadêmicos especializados em Diptera, como o [www.diptera.info.com](http://www.diptera.info.com), que conta com um acervo de mais de cem artigos e mais de dez mil fotos das mais diversas espécies de moscas; assim como o site <http://hbs.bishopmuseum.org/aocat/>, que consta com um catálogo digital imensurável de espécies tanto regionais da Austrália e Oceania, como mundiais, de fácil análise comparativa por boas fotos que o site apresenta, assim como uma boa interface para a escolha de uma determinada família, além de postagens de fotos em fóruns e grupos de discussão de dipterólogos, na qual forneciam a identificação a nível específico.

#### 4. Resultados e Discussão

Após todos os indivíduos coletados terem sido identificados, foi possível montar duas tabelas contendo a *check-list* de espécies coletadas, para cada uma das estações do ano.

A Tabela 11 mostra quais foram as famílias e espécies coletadas durante o primeiro experimento, na estação fria e seca (Inverno), para cada um dos três tratamentos (C: controle; P1: porco com uma perfuração abdominal e P5: porco com 5 perfurações abdominais).

**Tabela 11.** Espécies de Diptera coletadas durante a estação fria/seca – Inverno

| Inverno                                       |  |
|---|--|
| Família                                       | Espécie  |
| <b>Tratamento Controle</b>                    |  |
| <b>Calliphoridae</b>                          | <i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius, 1974) |
|   | <i>Chrysomya albiceps</i> (Wiedemann, 1819)    |
|   | <i>Chrysomya putoria</i> (Wiedemann, 1830)     |
| <b>Muscidae</b>                               | <i>Lucilia sericata</i> (Meigen, 1826)         |
|   | <i>Musca domestica</i> (L., 1758)              |
|   | <i>Ophyra</i> sp. (L., 1758)                   |
| <b>Sarcophagidae</b>                          | <i>Sarcophaga</i> sp. (Meigen, 1826)           |
| <b>Anthomyiidae</b>                           | <i>Emmesomyia socia</i> (Fallen, 1838)         |
|   | <i>Hydrophora</i> sp. (L., 1758)               |
| <b>Drosophilidae</b>                          | <i>Drosophila</i> sp. (Fallen, 1823)           |
| <b>Fanniidae</b>                              | <i>Fannia canicularis</i> (L., 1761)           |
| <b>Neriidae</b>                               | <i>Telostylinus</i> sp (Olsen, 1963)           |
| <b>Tratamento P1 - Porco com 1 perfuração</b> |  |
| <b>Calliphoridae</b>                          | <i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius, 1974) |
|   | <i>Chrysomya albiceps</i> (Wiedemann, 1819)    |
|   | <i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann, 1830)       |
|   | <i>Lucilia sericata</i> (Meigen, 18326)        |

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Muscidae</b>      | <i>Musca domestica</i> (L., 1758)                |
| <b>Sarcophagidae</b> | <i>Peckia</i> sp. (Robineau-Descoidy, 1830)      |
| <b>Syrphidae</b>     | <i>Brachyopa</i> sp. (Meigen, 1822)              |
| <b>Fanniidae</b>     | <i>Fannia canicularis</i> (L., 1761)             |
| <b>Drosophilidae</b> | <i>Drosophila tripunctata</i> (Sturtevant, 1939) |

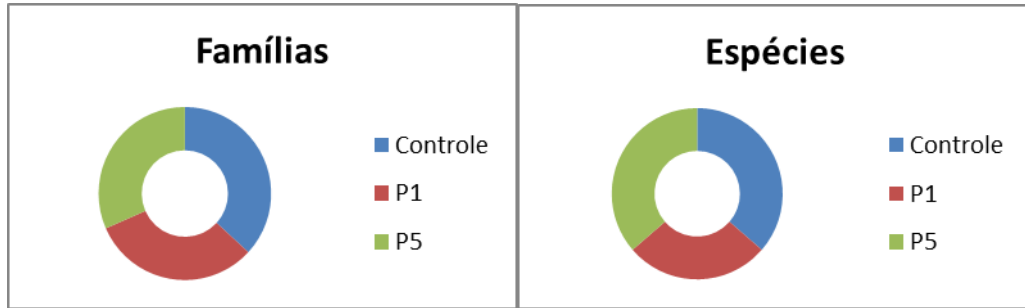
### Tratamento P5 - Porco com 5 perfurações

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Calliphoridae</b>  | <i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius, 1974)     |
|                       | <i>Chrysomya albiceps</i> (Wiedemann, 1819)        |
|                       | <i>Chrysomya putoria</i> (Wiedemann, 1830)         |
|                       | <i>Calliphora vicina</i> (Robineau-Descoidy, 1830) |
| <b>Muscidae</b>       | <i>Limnophora</i> sp. (Robineau-Descoidy, 1830)    |
|                       | <i>Musca domestica</i> (L., 1758)                  |
| <b>Drosophilidae</b>  | <i>Drosophila tripunctata</i> (Sturtevant, 1939)   |
| <b>Otitidae</b>       | <i>Xanthocrona</i> sp. (Loew, 1874)                |
|                       | <i>Acrosticta</i> sp. (Loew, 1874)                 |
| <b>Anthomyiidae</b>   | <i>Emmesomyia socia</i> (Fallen, 1838)             |
|                       | <i>Hydrophora</i> sp. (L., 1758)                   |
| <b>Dolichopodidae</b> | <i>Chrysossoma</i> sp. (Guérin-Méneville, 1831)    |

Quando comparamos os tratamentos, para a estação Inverno, verificamos um número um tanto quanto próximo de espécies coletadas em cada um deles:

- Controle: 7 famílias e 12 espécies
- P1: 6 famílias e 9 espécies
- P5: 6 famílias e 12 espécies

A Figura 20 ilustra a quantidade de famílias e espécies encontradas no inverno:



**Figura 20.** Quantidades de famílias e espécies de Diptera coletadas durante o Inverno.

Analisando a Figura 20, fica claro que não há variação significativa entre o número de famílias e espécies entre os tratamentos, uma vez que os números encontrados são bastante próximos, para uma mesma estação.

É importante destacar que a grande maioria das espécies se repete em todos os três tratamentos, como *Chrysomya albiceps*, *C. megacephala*, *Musca domestica*, enquanto que algumas outras espécies ocorreram apenas em um dos tratamentos, como *Xanthocrona sp.*, *Acrosticta, sp.*, *Limnophora sp.*, entre outras. Tal discrepância não pode ser explicada tratando-se apenas do pressuposto de que houve preferência de algumas espécies por um dos tratamentos em específico, uma vez que a quantidade de substrato era similar. O que mudou de um tratamento para outro foi como esta carne foi exposta e apresentada para estes visitantes, de forma que houve uma chegada de moscas de forma muito mais rápida e acentuada nos tratamentos em que o interior da carcaça foi mais facilmente exposto.

Já a Tabela 12 mostra o resultado das coletas e identificações das famílias e espécies de Diptera que ocorreram durante a estação quente e úmida, o verão.

**Tabela 12.** Espécies de Diptera coletas durante a estação quente/úmida - Verão

| Verão                      |  |
|----------------------------|--|
| Família                    | Espécie  |
| <b>Tratamento Controle</b> |  |
| <b>Calliphoridae</b>       | <i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius, 1974) |
|                            | <i>Chrysomya albiceps</i> (Wiedemann, 1819)    |
|                            | <i>Chrysomya putoria</i> (Wiedemann, 1830)     |



|                      |  |
|----------------------|--|
|                      | <i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann, 1819)            |
|                      | <i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann, 1830)           |
|                      | <i>Lucilia sericata</i> (Meigen, 18326)            |
|                      | <i>Calliphora vicina</i> (Robineau-Descoidy, 1830) |
|                      | <i>Hemilucilia segmentaria</i> (Brauer, 1895)      |
| <b>Muscidae</b>      | <i>Morellia sp.</i> (Robineau-Descoidy, 1830)      |
|                      | <i>Musca domestica</i> (L., 1758)                  |
|                      | <i>Ophyra sp.</i> (L., 1758)                       |
| <b>Sarcophagidae</b> | <i>Peckia sp.</i> (Robineau-Descoidy, 1830)        |
|                      | <i>Sarcophaga sp.</i> (Meigen, 1826)               |
| <b>Drosophilidae</b> | <i>Drosophila sp.</i> (Fallen, 1823)               |
| <b>Otitidae</b>      | <i>Acrosticta sp.</i> (Loew, 1874)                 |
|                      | <i>Xanthocrona sp.</i> (Loew, 1874)                |
| <b>Phoridae</b>      | <i>Megaselia scalaris.</i> (Loew, 1866)            |
| <b>Fanniidae</b>     | <i>Fannia canicularis</i> (L., 1761)               |
| <b>Tachinidae</b>    | <i>Parasetigena sp.</i> (Robineau-Descoidy, 1830)  |
| <b>Anthomyiidae</b>  | <i>Emmesomyia socia</i> (Fallen, 1838)             |

### Tratamento P1 - Porco com 1 perfuração

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Calliphoridae</b> | <i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius, 1974)     |
|                      | <i>Chrysomya albiceps</i> (Wiedemann, 1819)        |
|                      | <i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann, 1830)           |
|                      | <i>Lucilia sericata</i> (Meigen, 18326)            |
|                      | <i>Calliphora vicina</i> (Robineau-Descoidy, 1830) |
|                      | <i>Mesembrinella bicolor</i> (Fabricius, 1893)     |
|                      | <i>Paralucilia sp.</i> (Brauer-Bergensstamm, 1891) |
| <b>Muscidae</b>      | <i>Musca domestica</i> (L., 1758)                  |
|                      | <i>Ophyra sp</i> (L., 1758)                        |
| <b>Sarcophagidae</b> | <i>Peckia sp.</i> (L., 1758)                       |
| <b>Syrphidae</b>     | <i>Ornidia obesa</i> (Fabricius, 1775)             |
|                      | <i>Brachyopa sp.</i> (Meigen, 1822)                |
| <b>Asilidae</b>      | <i>Dioctria sp.</i> (L., 1758)                     |
| <b>Tachinidae</b>    | <i>Parasetigena sp.</i> (Robineau-Descoidy, 1830)  |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Fanniidae</b>     | <i>Fannia canicularis</i> (L., 1761)          |
| <b>Tephritidae</b>   | <i>Acidia cognata</i> (Wiedemann, 1819)       |
| <b>Syrphidae</b>     | <i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer, 1776)   |
| <b>Drosophilidae</b> | <i>Drosophila tripunctata</i> (Fallen, 1823)  |
|                      | <i>Drosophila melanogaster</i> (Fallen, 1823) |
| <b>Anthomyiidae</b>  | <i>Emmesomyia socia</i> (Fallen, 1838)        |
|                      | <i>Hydrophora sp.</i> (L., 1758)              |

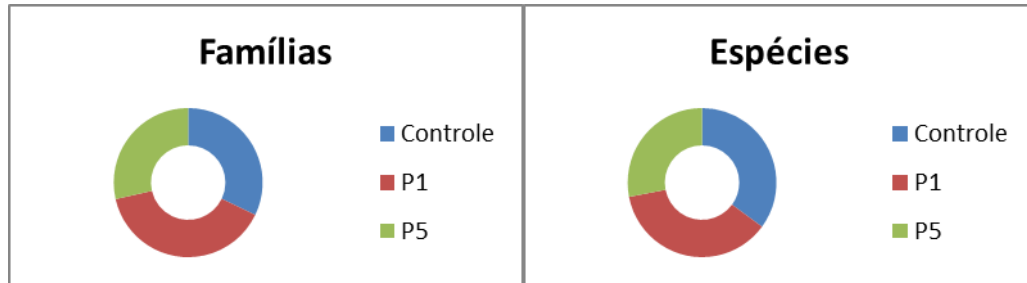
### Tratamento P5 - Porco com 5 perfurações

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Calliphoridae</b> | <i>Chrysomya megacephala</i> (Fabricius, 1974)      |
|                      | <i>Chrysomya albiceps</i> (Wiedemann, 1819)         |
|                      | <i>Chrysomya putoria</i> (Wiedemann, 1830)          |
|                      | <i>Lucilia cuprina</i> (Wiedemann, 1830)            |
|                      | <i>Calliphora vicina</i> (Robineau-Descoigny, 1830) |
|                      | <i>Cochliomya macellaria</i> (Fabricius, 1775)      |
|                      | <i>Paralucilia sp.</i> (Brauer-Bergensstamm, 1891)  |
| <b>Muscidae</b>      | <i>Limnophora sp.</i> (Robineau-Descoigny, 1830)    |
|                      | <i>Musca domestica</i> (L., 1758)                   |
| <b>Drosophilidae</b> | <i>Drosophila tripunctata</i> (Fallen, 1823)        |
| <b>Coelopidae</b>    | <i>Coelopa sp.</i> (Meigen, 1822)                   |
| <b>Fanniidae</b>     | <i>Fannia canicularis</i> (L., 1761)                |
| <b>Tachinidae</b>    | <i>Parasetigena sp.</i> (Robineau-Descoigny, 1830)  |
| <b>Sarcophagidae</b> | <i>Peckia sp.</i> (L., 1758)                        |
| <b>Anthomyiidae</b>  | <i>Emmesomyia socia</i> (Fallen, 1838)              |
|                      | <i>Hydrophora sp.</i> (L., 1758)                    |

Quando comparamos os tratamentos, para a estação Verão, verificamos novamente um número um tanto quanto próximo de espécies coletadas em cada um deles:

- Controle: 9 famílias e 20 espécies
- P1: 11 famílias e 21 espécies
- P5: 8 famílias e 16 espécies

A Figura 21 ilustra a quantidade de famílias e espécies encontradas no verão:



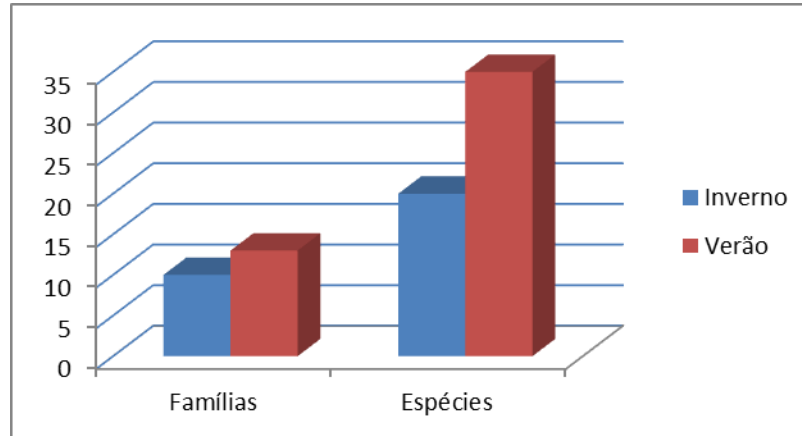
**Figura 21.** Quantidades de famílias e espécies de Diptera coletadas durante o Verão.

Analisando a Figura 21, fica claro que não há grande variação significativa entre o número de famílias e espécies entre os tratamentos, uma vez que os números encontrados são bastante próximos.

Novamente, como ocorreu no inverno, há repetição de grande parte de espécies para cada um dos tratamentos, principalmente de dípteros pertencentes à família Calliphoridae. Mas, contrastando a este resultado, algumas famílias e espécies foram coletadas apenas em um dos tratamentos, como é o caso da família Syrphidae, que só ocorre no tratamento P1.

Este, novamente, não é um caso de preferência por um dos tratamentos, mas sim o fato de que espécies que coexistiram em todos os tratamentos ocorrem em uma abundância muito maior na área de estudo, o que pode ser comprovado através de números por Mello-Patiu & Carvalho (2008), que afirmam que a grande maioria de Diptera de interesse forense na América do Sul é moldada de acordo com a família Calliphoridae, fato este que foi reproduzido com o espantoso número de espécies desta família coletados durante todo o experimento, tanto na estação seca/fria como na estação úmida/quente.

Quando se analisa e compara cada uma das estações, verifica-se que o número, tanto de famílias, quanto de espécies, é menor no inverno do que no verão, contendo 10 famílias e 20 espécies distintas na primeira e 13 famílias e 35 espécies distintas na segunda estação, como mostra o gráfico abaixo (Figura 22):



**Figura 22.** Comparação entre o número de famílias e espécies coletadas em cada uma das estações do experimento: Inverno e Verão.

A decomposição no verão foi muito mais rápida e acelerada (cerca de 10 dias para se chegar à última fase de decomposição), enquanto que no inverno ela foi mais demorada e lenta (por volta de 28 dias para o término do aparecimento de dípteros que sobrevoassem as carcaças). Desta forma, fica iminente que, mesmo no verão o processo sendo bem mais rápido, o número de espécies coletadas foi maior.

Portanto, quando analisamos com calma o fato relatado acima, podemos concluir que a quantidade e variedade de Diptera que está presente em *Sus scrofa* durante o processo de decomposição está muito mais associada à sazonalidade das estações do ano do que com o grau de perfurações que causaram a morte deste corpo em putrefação, uma vez que os números são muito mais contrastantes entre as estações do que entre os tratamentos propostos para cada estação.

Um fator interessante a se discutir sobre a estação de verão é que, de acordo com Paraluppi & Castellón (1993), as populações de Calliphoridae são sensíveis ao fator pluvial e tendem a diminuir em densidade ou pelo menos em atividades de fuga e busca por alimentos durante a estação chuvosa. Este pressuposto não foi confirmado no presente trabalho, uma vez que comparando-se visualmente a quantidade de larvas de Diptera presentes no verão e inverno, a primeira estação apresentou um número muito maior quando comparado com o inverno, como relata a Figura 23, em que observou-se uma enorme quantidade de larvas encontradas na carcaça durante o verão (b), enquanto que no inverno a quantidade de larvas foi mais restrita (a):



**Figura 23.** Comparação entre quantidade larval no inverno (a) e no verão (b).

## 5. Conclusões

Independente da estação (verão ou inverno), a família de Diptera com maior número de espécies encontradas em todos os tratamentos realizados foi a família Calliphoridae, corroborando os trabalhos de Rodrigues-Guimarães (2008), que em suas coletas com fins de se observar a diversidade de Diptera no estado do Rio de Janeiro, encontraram tal família em maior abundância, tanto em área florestada, quanto em ambiente urbano.

Segundo Ferreira (1983), a maioria das espécies da família Calliphoridae tem preferência por ambiente habitado (áreas urbanas ou semiurbanas), o que condiz bastante com o presente estudo, uma vez que o ambiente em que foi montado o desenho experimental apresenta-se como sendo uma área semiurbana, contendo vegetação nativa aos arredores e construções urbanas intermeando com esta vegetação.

Marinho et al (2006) verificaram a sazonalidade de Calliphoridae coletada durante as quatro estações do ano, para a reserva biológica de Tinguá, observando que as estações de primavera e verão foram as que mais apresentavam porcentagem destes dípteros em específico em suas armadilhas, corroborando com os resultados do presente trabalho, uma vez que os maiores números de Diptera coletados nas carcaças, tanto em famílias quanto em espécies se deram durante a estação quente e úmida: verão.

Comparando-se quantitativamente as coletas em ambas as estações, fica claro que a quantidade de dípteros coletados no verão foi bem maior do que a quantidade encontrada no inverno, uma vez que no primeiro foram encontradas 13

famílias e 35 espécies, enquanto que no segundo, foram encontradas 10 famílias e 20 espécies, como é mostrado no gráfico da figura 22.

Inúmeros são os trabalhos que relacionam diversidade de insetos e estações do ano. É inicialmente destacado aqui o trabalho realizado por Gomes et al. (2005), que fizeram um estudo de sucessão entomológica coletando durante as quatro estações do ano, fazendo portanto um levantamento de insetos na cidade de Rio Claro durante um período de 12 meses. Esses autores, dentre outros para os mais diferentes grupos de insetos, confirmam a hipótese de que quantidade e variedade de insetos está diretamente relacionada com a medição de calor e umidade, sendo que, quanto maior a temperatura durante o passar dos meses, maior a quantidade e variedade de insetos presentes no ambiente.

Com base na assertiva acima, pode-se afirmar que o presente estudo corrobora resultados de pesquisas anteriores, uma vez que, para Diptera, houve uma maior diversidade e abundância de espécies no verão, quando comparado com o inverno.

Quando se leva em consideração a premissa “decomposição associada com as estações do ano”, um dos fatores que é preciso destacar como sendo um dos principais associados ao tempo de decomposição, é a quantidade de entomofauna encontrada de acordo com cada estação.

Se pensarmos por este lado, uma maior quantidade de insetos necrófagos na carcaça acarretará em um processo de decomposição mais acelerado, quando comparado com uma carcaça que contém menos insetos com este hábito alimentar.

Baseando-se nessa suposição, e sabendo-se que a quantidade de insetos foi bem maior no verão do que no inverno, pode-se afirmar que o presente estudo tem como uma das principais conclusões, a de que um dos principais fatores responsáveis pela decomposição das carcaças ter sido cerca de quatro vezes mais rápida no verão, tem relação direta com a quantidade bem mais elevada de insetos necrófagos encontrados nessa estação, comprovando-se através da quantidade de Diptera coletados, comparada com o inverno.

Desta forma, conclui-se que os dípteros são fundamentais para que ocorra o processo de decomposição, uma vez que estão presentes em abundância desde os primeiros momentos do processo (cerca de poucos minutos após a morte), e ainda por várias famílias serem necrófagas, ou seja, se alimentam em alguma fase da vida diretamente da carne em decomposição, acelerando tal processo. Podemos ainda

concluir que, durante o verão, a quantidade de indivíduos (visualmente analisada) e a quantidade de famílias e espécies (contabilizada através das check-lists) foram muito superiores quando comparadas com a estação de inverno, o que acarreta em uma decomposição muito mais acelerada na primeira estação (quente e úmida), do que na segunda (fria e seca).

## 6. Referências Bibliográficas

ANDERSEN, M. N. **The evolution of marine insects: phylogenetic, ecological and geographical aspects of species diversity in marine water striders.** Ecography. 22:98011, 1999.

BRUSCA, R.C. & BRUSCA, G.J. **Invertebrados.** 2a.ed., Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 2007.

CARVALHO, C.J.B. & RIBEIRO, P.B. **Chave de identificação das espécies de Calliphoridae (Diptera) do sul do Brasil.** Rev. Bras. Parasitol. Vet., 9, 2, 169-173. 2000.

D'ALMEIDA, J. M. **Calyptrate Diptera (Muscidae and Anthomyidae) of the Sate of Rio de Janeiro – I. Synanthropy.** Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. 97: 381-386, 1992.

FERREIRA MJM. **Sinantropia de Calliphoridae (Diptera) em Goiânia, Goiás.** Revista Brasileira de Biologia 43(2): 199-210. 1983.

FURLANETTO, S. M. P.; CAMPOS, M. L. C.; HÁRSI, C. M.; BURALLI, G. M.; ISHIHATA, G. K. **Microrganismos enteropatogênicos em moscas africanas pertencentes ao gênero *Chrysomya* (Diptera: Calliphoridae) no Brasil.** Rvista de Microbiologia, 15(3): 170-174, 1984.

GOMES L.; GODOY, W. A. & VON ZUBEN, C. J. **Postfeeding larval dispersal: implications to forensic entomology.** Naturwissenschaften 93:207-215. 2006.



GREENBERG, B. **Flies and diseases: ecology classification and biotic associations**. Princeton University Press, Princeton. V.1, 856p. 1971.

HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios Integrados de Zoologia**. 11ªed. Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 2004.

MARINHO CR, BARBOSA LS, AZEVEDO ACG, QUEIROZ MMC, VALGODE MA, AGUIAR-COELHO VM. **Diversity of Calliphoridae (Diptera) in Brazil Tinguá Biological Reserve**. Brazilian Journal of Biology 66: 95-100. 2006.

MAY, R. M. **How many species?** Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B330, 293-304, 1990.

MELLO-PATIU, C.A. & CARVALHO, C.J.B. **Key to the most common forensic species of Diptera in South America**. Rev. Brasil. de Entomol 52 (3) 390-406, setembro. 2008

Moretti TC, Ribeiro OB, Thyssen PJ, Solis DR. **Insects on decomposing carcasses of small rodents in a secondary forest in Southeastern Brazil**. Eur J Entomol 105: 691-696, 2008.

NUORTEVA, P. **Synantropy of blowflies (Dipt., Calliphoridae) in Finland**. Annales Entomologici Fennici. 29: 1-49, 1963.

PARALUPPI, N. D., VASCONCELOS, J. C., AQUINO, J. S., CASTELLÓN, E. G. & SILVA, M. S. B., **Calliphoridae (Diptera) in Manaus: IV Bacteria isolated from blowflies collected in street markets**. Acta. Amazonica, 26(1/2): 93-96. 1996.

RAFAEL, J.A., MELO, J.A.R., CARVALHO, C.J.B., CASARI, S.A., CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Editora Holos, Ribeirão Preto, SP. Cap.40: 701-745. 2012

RODRIGUES-GUIMARÃES, R. **Abundância absoluta, relativa e sazonalidade de dípteros califorídeos (Diptera, Calliphoridae) na Baixada Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil**. Revista de Ciência e Tecnologia 7: 50-63. 2008.

RUPPERT, E.E., FOX, R.S. & BARNES, R.D. **Zoologia dos Invertebrados**. 7<sup>a</sup> ed., Ed. Roca, São Paulo, 16: 803-826. 2005.

