UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Instituto de Biologia
Curso de Ciências Biológicas – Bacharelado

Trabalho de Conclusão de Curso

Influência da estação climática no padrão de sucessão de entomofauna decompositora de *Mus musculus* (Linneaus, 1758) (Rodentia: Muridae)

Richard Floriani Emmerich

Pelotas, 2015

Richard Floriani Emmerich

Influência da estação climática no padrão de sucessão de entomofauna decompositora de *Mus musculus* (Linneaus, 1758) (Rodentia: Muridae)

.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Rodrigo Ferreira Krüger

Pelotas, 2015

Dados de catalogação na fonte:
Maria Beatriz V. Vieira – CRB 10/1032
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

E54i Emmerich, Richard Floriani
Influência da estação climática no padrão de sucessão de entomofauna decompositora de *Mus Musculus* (Linneaus, 1758) (Rodentia: Muridae) / Richard Floriani Emmerich. – 40f.; il. – Monografia (Conclusão de curso). Ciências Biológicas. Universidade Federal de Pelotas. Instituto de Biologia. Pelotas, 2015. – Orientador Rodrigo Ferreira Krüger.

1.Biologia. 2.Entomologia forense. 3. Padrão de sucessão. 4. Sazonalidade. 5. Padrão numérico. I.Krüger, Rodrigo Ferreira. II. Título.

CDD: 595.7

Richard Floriani Emmerich

Influência da estação climática no padrão de sucessão de entomofauna decompositora de *Mus musculus* (Linneaus, 1758) (Rodentia: Muridae)

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Bacharem em Ciências Biológicas, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 20 de Novembro de 2015

Banca examinadora:

Prof. Dr Rodrigo Ferreira Krüger (Orientador)
Doutor em Ciências Biológicas (Entomologia) pela Universidade Federal do Paraná

Profa. Dra. Ana Maria Rui
Doutora em Ecologia pela Universidade de Brasília

Dr. Hugo Leonardo da Cunha Amaral
Doutor em Parasitologia pela Universidade Federal de Pelotas

Ms. Juliano Lessa Pinto Duarte
Mestre em Parasitologia pela Universidade Federal de Pelotas

Este trabalho é dedicado a todos que fizeram parte da minha construção pessoal e profissional ao longo do período em que estive na graduação.

Agradecimentos

Primeiramente, não há agradecimentos suficientes para meus pais e meu irmão. Sempre presentes, dando todo apoio necessário em todas as etapas, sem vocês, não haveriam objetivos na minha vida.

Quero dizer obrigado também aos meus amigos, que são a minha família. Fabianóia & Carol (que agora são uma família tradicional brasileira), Douglas, Dayana (sempre com palvras de paz e amor), Jejé (magia), Nanda, Heloísa, Nena, Lukas, Juliana e Picolé (se alguém souber seu paradeiro, avisar por favor).

Aos chegados, Keila, Bruna, Melissa, Rudi, Renato, Jon, GG, JD, Belinda, pela amizade que construímos do nada, mas que nos manteve em contato com a nossa casa. Saudade de vocês.

Agradeço aos professores que contribuíram para a minha formação, em especial meu orientador, Rodrigo, que nunca faltou com profissionalismo nem tampouco com paciencia e didática. Muito obrigado.

Agradeço a todo pessoal do LEPAV, desde os tempos mais remotos com Ândrio, Freddy, Hugo, Samuel até os dias atuais com Juliano, Roberta, Rapha, Boaventura, Alice, Helena, dentre todos os outros transeuntes por todos os momentos de troca de conhecimento, cafeína, mate além da gastronomia mais elaborada da UFPel.

Também obrigado a CAPES, UFPel, FAPERGS, e ao IFSul - Pelotas, pelo fomento, que sem eles não seria possível a minha permanência na universidade.

Muito obrigado.

Resumo

EMMERICH, Richard Floriani**. Influência da estação climática no padrão de sucessão de entomofauna decompositora de *Mus musculus* (Linneaus, 1758) (Rodentia: Muridae) 2015. 40f.** Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Ciências Biológicas – Bacharelado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

A comunidade ecológica que se estabelece em carcaças animais em decomposição é predominantemente composta por dípteros. O padrão descritivo de sucessão ecológica de colonização de recursos efêmeros é relativamente bem estabelecido na literatura, tal como os fatores abióticos que influenciam nesse processo. Todavia, padrões numéricos e análises quantitativas não são comuns na literatura, mesmo sendo mais esclarecedores e aplicáveis em extrapolações para outras comunidades biológicas que passam por processos de sucessão. Baseado nisso, este trabalho busca estabelecer o padrão gráfico e a descrição estatística da sucessão ecológica em carcaças de pequeno porte (<50g) utilizando como modelo de estudo *Mus musculus* (Rodentia: Muridae), expostos durante sete dias para a colonização por insetos necrófagos. Para isso foram expostas 21 armadilhas com as carcaças dos roedores, distribuídas em três pontos do Campus Capão do Leão da Universidade Federal de Pelotas, totalizando sete armadilhas por ponto. Uma armadilha de cada ponto foi retirada e lacrada a cada dia, totalizando sete dias. As armadilhas foram acondicionadas em câmara controlada para o desenvolvimento da comunidade necrófaga de insetos. O procedimento foi repetido no inverno e verão. Os padrões de sucessão de riqueza e abundância para ambas estações foram comparados por teste de Kruskal-Wallis e descritas para cada estação através de modelo linear e quadrático para o verão e inverno respectivamente, considerando a distribuição de Poisson com modelos lineares generalizados. A riqueza não variou ao longo dos dias no inverno e foi descrita por modelo linear para o verão enquanto a abundância foi representada por um modelo quadrático para o inverno e linear para o verão. Conclui-se que a estação climática influencia no modelo estatístico que descreve a sucessão em recursos efêmeros menores que 50 gramas.

Palavras-chave: sucessão ecológica; padrão numérico; sazonalidade; entomologia forense.

Abstract

EMMERICH, Richard Floriani**. Inflluense of climatic season in the succession pattern of insect feeding fauna in a *Mus musculus* (Linneaus, 1758) (Rodentia: Muridae) carrior. 2015. 40f.** Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Ciências Biológicas – Bacharelado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The ecological community established in decomposition animal carrions is mainly composed by Dipera. The descriptive pattern of ecological succession in ephemeral resources are relatively well discussed, as well as the abiotic factors, which influence on that process. However, numerical patterns and quantitative analysis are rarely found in literature, even those they are clearer and more applicable in extrapolation of other biological communities, which are in a succession process. Based on that, this paper aims establish the graphical pattern and the statistical description of the ecological succession process in small carrion (<50g) using as a study model *Mus musculus* (Rodentia: Muridae), exposed among seven days in order to be colonized by necrophagous insects. Were exposed a total of 21 traps containing the carrions, distributed in three points of the Campus Capão do Leão Universidade Federal de Pelotas. Within seven days, one trap of each point was collected and sealed, then placed in a controlled room to the necrophagous community to develop. That procedure was repeated in winter and summer. The richness and abundance succession pattern for both season were compared by Kruskal-Wallis and described for each season by linear and squared models for summer and winter respectively, considering Poisson distribution as Generalised Linear Models (GLM). The richness did not suffer variation among the days in winter and was described by the linear model in summer, while abundance was described by a squared for winter and linear for summer. The conclusion is that season do influences in the statistical model that describes succession in ephemeral resources smaller than 50 grams.

Key words: ecological succession; numerical pattern; seasonality; forensic entomology.

Sumário

1 Introdução..... 7

2 Revisão Bibliográfica 10

3 Material e Métodos..... 16

3.1 Área de estudo..... 16

3.2 Coleta de dados..... 19

3.3 Análise de dados..... 19

4 Resultados e Discussão..... 21

5 Conclusão..... 30

Referências 31

1 Introdução

Sucessão ecológica é um conceito que foi amplamente discutido na década de 70, e pode ser definida como a mudança nos padrões de espécies que compõem comunidades ao longo do tempo (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010). Esse processo é estudado em diversos grupos de organismos, como por exemplo, algas (SOUSA, 1979), plantas (BAZZAZ, 1979), organismos marinhos (PEARSON; ROSENBERG, 1978) e insetos (BARRIOS; WOLFF, 2011). A sucessão ecológica pode ser definida como primária, onde a comunidade coloniza e se desenvolve em ambientes inorgânicos ou secundária, na qual a comunidade se desenvolve em um recurso orgânico pós distúrbio (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010).

Atualmente, o estudo da sucessão ecológica se baseia na busca de padrões, tanto descritivos quanto numéricos. Padrões descritivos têm como objetivo a catalogação das espécies que incorporam a comunidade ao longo do tempo (BARRIOS; WOFF, 2011; BORNEMISSZA, 1957). Por outro lado, padrões numéricos buscam descrever e prever em quais taxas as espécies se incorporam e substituem-se na comunidade, ou até mesmo quais as influências do tamanho do ambiente ou recurso na colonização, como já consagrado pela teoria da biogeografia de ilhas (MACARTHUR, 1967).

A decomposição de recursos efêmeros pode ser categorizada como um processo de sucessão ecológica secundária (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010) quando analisada da perspectiva dos insetos decompositores, pois se instala uma comunidade de organismos necrófagos inteiramente diferentes da pré-existente no animal quando *in vivo* (MOURA; MONTEIRO-FILHO; CARVALHO, 2005). Ao processo de decomposição de carcaça animal está associada uma diversificada fauna que inclui microorganismos, como fungos e bactérias, vertebrados e principalmente insetos (NORTUEVA, 1977). Dentre esses insetos saprófagos, as principais famílias de interesse forense são os dípteros: Calliphoridae, Sarcophagidae, Fanniidae e Muscidae (CAMPOBASSO; DI VELLA; INTRONA, 2001; SOUZA; KIRST; KRÜGER, 2008).

Ao longo do processo de decomposição, a carcaça sofre alterações físico-químicas que segundo Bornemissza (1957) podem classificar-se em estágios de decomposição inicial, putrefação, putrefação escura, fermentação e seco. Com isso, a comunidade necrófaga instalada na carcaça sofre alterações na sua riqueza e abundância conforme avança a decomposição (CARVALHO; LINHARES, 2001, WANG et al, 2008), pois cada um dos estágios exerce poder atrativo em diferentes espécies (MONTEIRO FILHO; PENERERO, 1987, GRASSBERGER; FRANK, 2004), caracterizando um processo de sucessão ecológica.

As características intrínsecas da comunidade associada à carcaça são resultantes de uma série de fatores. Dentre eles, região geográfica (CARVALHO; LINHARES, 2001; CARVALHO et al, 2004), microclima de exposição (TOMBERLIN; ADLER, 1998) e tamanho da carcaça (MOURA; MONTEIRO-FILHO; CARVALHO 2005, HANSKI; KUUSELA; 1980). Apesar de esses elementos serem fundamentais à determinação de espécies colonizadoras e suas interações, os principais fatores na estruturação de comunidades necrófagas são as condições climáticas por influenciarem diretamente nas taxas de desenvolvimento dos organismos, principalmente em insetos, devido sua ectotermia (RAFAEL et al, 2012), além de influenciarem no período de tempo em que a carcaça permanece no ambiente (CAMPOBASSO et al, 2001; HORENSTEIN, 2010).

As estações climáticas são de influência significativa na composição da comunidade necrófaga instalada no recurso em decomposição (HORENSTEIN; LINHARES, 2011). Essa diferença se dá principalmente pela disponibilidade energética natural proveniente da energia solar, sendo maior no verão, além de fatores microclimáticos como umidade relativa do ar, tempo de incidência da luz e padrões eólicos (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010; SKENE, 2013).

O padrão numérico de sucessão ecológica em recursos efêmeros é relativamente pouco estudado apesar de ser aplicado em diversas áreas como por exemple, no âmbito forense, os estudos da fauna entomológica associada a carcaças são relevantes na determinação do intervalo pós-morte (IPM), através da análise do desenvolvimento dessa fauna, tanto no grau de maturação de espécimes para intervalos curtos de tempo, quanto em intervalos maiores verificando a sucessão ecológica de espécies. Também se pode avaliar possíveis deslocamentos do corpo

do local onde se iniciou o processo de decomposição, considerando que a dipterofauna é peculiar a cada região geográfica (CARVALHO; LINHARES 2001, CARVALHO et al, 2004, CATTS; GOFF 1992, MARCHENKO, 2001).

Inverno e verão apresentam períodos de decomposição das carcaças muito distintos (SOUZA; KIRST; KRUGER, 2008), devido em grande parte ao retardo da velocidade das reações de histólise e desenvolvimento dos insetos no inverno e aceleração destes processos no verão devido ao aumento da disponibilidade de energia térmica no ambiente. Para os experimentos que relacionam o processo de decomposição, de maneira geral tem-se usado um intervalo de tempo como medida uniforme para relacionar a riqueza e abundância ao tempo de decomposição, seja em intervalos de 24h ou maiores e normalmente chamados de sucessão entomológica.

A sucessão entomológica em carcaças tem grande importância para a Entomologia Forense, mais especificamente a Entomologia Médico-Legal. Neste sentido pretende-se primeiramente ajustar distribuições probabilísticas que relacionem a decomposição medida em dias às espécies e abundância de insetos em pequenos roedores no sul do Brasil, com importante contribuição para o desenvolvimento da ciência ecológica fundamental (COURCHAMP et al, 2015).

Tendo em vista que, o processo de sucessão ecológica segue alguma distribuição padrão de probabilidade estatística para o estabelecimento de uma riqueza (S) em intervalos de tempo (t). Este trabalho almeja determinar o padrão geral de sucessão da riqueza e abundância da fauna decompositora de recursos efêmeros de origem animal de pequeno porte (<50g). E, como objetivos específicos, a) identificar as espécies pertencentes à classe Insecta que atuam na decomposição de carcaças de *Mus musculus*; b) determinar o padrão gráfico de sucessão da entomofauna decompositora buscando associação com distribuições probabilísticas pré-estabelecidas; c) determinar as diferenças e semelhanças entre os padrões encontrados para o inverno e verão. Dentro dessa perspectiva, a hipótese é de que esses parâmetros da sucessão sejam de característica gráfica da distribuição padrão de probabilidade *Poisson*, devido propriedades justificadas no item Metodologia deste trabalho.

2 Revisão Bibliográfica

A ciência forense e as análises de decomposição de carcaças são linhas de pesquisa que tiveram o início de sua relação no final dos anos 60, tornando-se mais profundamente estudados no Brasil e América Latina a partir dos anos 2000. Tais estudos se baseiam principalmente na exposição de carcaças animais e coleta ativa ou por armadilhas de espera dos animais de hábitos saprófagos que colonizam o recurso para oviposição ou alimentação. Após tais coletas, os colonizadores geralmente são identificados e suas preferências quanto ao estado físico do recurso são discutidas e analisadas, considerando estágio de decomposição, fatores bióticos e abióticos (CAMPOBASSO et al, 2001, NORTUEVA, 1977, WANG et al, 2008).

Campobasso et al (2001) discutem que as transformações químicas em uma carcaça em decomposição influenciam na atratividade de dípteros colonizadores. Os autores afirmam que a temperatura e a facilidade de acesso à carcaça pelos insetos são fatores determinantes na composição da riqueza presente no recurso e na velocidade de avanço do processo de putrefação. Como conclusão desta revisão, os autores estabelecem Diptera como um grupo fundamental na datação de intervalos de morte do recurso, isso devido à sua presença constante e procura pelo recurso sendo o grupo mais abundante.

Diversos fatores exercem influência na velocidade e padrão do processo de decomposição. Devido ao fato de carcaças animais serem primariamente colonizadas por invertebrados, sabe-se que a temperatura é uma variável determinante na velocidade da putrefação, pois exerce influência direta nas taxas metabólicas de tais organismos (RAFAEL et al, 2012). As condições térmicas em que a decomposição ocorre são de extrema importância para a comunidade necrófaga. Nos meses de inverno rigoroso, como Maio, Junho e Julho os dípteros podem não ser encontrados associados a carcaças no hemisfério sul (ARCHER; ELGAR, 2003).

Baseado nisso, pode-se encontrar abundante literatura com trabalhos realizados em diferentes estações do ano, onde as estações mais quentes resultam em uma decomposição mais acelerada (BONACCI et al, 2011; CENTENO et al, 2002; GRASSBERGER; FRANK, 2004). Sendo as condições climáticas relevantes para o desenvolvimento da comunidade decompositora, o Bioma onde tal processo ocorre também é amplamente discutido. Na Mata Atlântica de Pernambuco, Cruz; Vasconcelos (2006) distribuíram armadilhas de solo circundando um porco em decomposição, e encontraram diferenças significativas na frequência das ordens de insetos coletados, quando comparados com biomas mais secos. Em ambientes de altitude e baixas temperaturas, a presença de insetos se dá principalmente nos primeiros dias de decomposição, e a riqueza é menor durante a sucessão, conforme estudado realizado por Barrios; Wolff (2011) em carcaças suínas de aproximadamente 20kg, que também classificou os grupos de insetos por função ecológica tais como coletores (de outros organismos presentes na carcaça), necrófagos propriamente ditos e sacrosaprófagos.

Dentro de Biomas, outro fator que causa diferenciação na riqueza e abundância de insetos necrófagos é o microclima. Exemplos podem ser encontrados na literatura em estudos comparativos como realizado por Carvalho; Linhares (2001) em carcaças de *Sus scrofa* expostas em locais sombreado e sob a luz solar em ambiente natural no Sudeste brasileiro. Dentre seus resultados estão que os recursos expostos sob a luz solar apresentaram menor número de espécimes coletados quando comparadas às carcaças expostas na sombra. Tal diferenciação ocorre devido a dessecação do recurso, pois insetos decompositores imaturos são dependentes da umidade relativa do meio em que estão inseridos por não abandonarem o meio em busca de água (RAFAEL et al, 2012). Sendo assim, quando menor a incidência direta de luz solar, maior a ocorrência de famílias de Diptera associadas ao meio (HORNESTEIN et al, 2010).

A presença de água também é fundamental, tendo em vista que a ausência total do elemento leva à mumificação e consequente limitação do desenvolvimento de uma fauna de insetos (BORNEMISSZA, 1957; NORTUEVA, 1977). Publicações da área apontam que, o processo de sucessão em recursos efêmeros não só depende da presença de umidade, mas também pode ser estimulado pela pluviosidade,

acelerando a putrefação (CARVALHO; LINHARES, 2001). Em condições ainda mais extrema de umidade, Barrios; Wolff (2011) expuseram suínos sacrificados em total imersão e obtiveram como resultado que assim que a carcaça submerge devido aos gases internos produzidos no estágio de incha (BORNEMISSZA, 1957) é colonizada mais abundantemente, pelos mesmos grupos de dípteros que carcaças expostas diretamente em ambiente terrestre.

Outras variáveis, como grau de urbanização já foram discutidas como influente no processo de decomposição, principalmente no que se refere a diversidade de espécies associadas ao sistema (SKENE, 2013, TOWNSEND; BEGON; HARPER 2010). Segue como regra geral que a riqueza diminui proporcionalmente à distância da carcaça do ambiente natural. Tal variação na quantidade de espécies foi estudada por Carvalho et al. (2004). Os autores identificaram riqueza relativamente baixa em carcaças de porcos expostas em ambientes urbanos de Campinas, SP. Todavia, a abundância não sofreu drásticas alterações. Fato que pode ser explicado pelo alto grau de sinantropismo da família Calliphoridae, principalmente das espécies *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819)*, C. megacephala* (Fabricius, 1794)*, C. putoria* (Wiedemann, 1830) e *Lucilia eximia* (Wiedemann, 1819). Tais espécies são pioneiras na ocupação desse habitat, e são sucedidas por grupos como Sarcophagidae e Muscidae.

O estudo da sucessão de carcaças em decomposição para utilização em ciência forense, adota geralmente como modelo de estudo suínos, por serem animais que histologicamente assemelham-se aos humanos, mesmo tendo sua relação superfície/volume mais elevada, segue sendo um modelo eficaz (ARCHER; ELGAR, 2003, BARRIOS; WOLFF, 2011, CARVALHO; LINHARES, 2001, CARVALHO et al, 2004, CENTENO et al, 2004, CRUZ; VASCONCELOS, 2006, GRASSBERGER; FRANK, 2004, MARCHIORI et al, 2000). Tais trabalhos encontraram padrões de riqueza similares entre si, mesmo em condições relativamente distintas de exposição. Os grupos de dípteros coletados mais frequentemente são respectivamente Calliphoridae, Sarcophagidae e Muscidae e condizem com coletas feitas em cadáveres humanos.

Estabelecendo essa relação íntima entre os grupos de insetos ocorrentes entre cadáveres e carcaças de suínos, Carvalho et al (2000) desenvolveram uma lista das

espécies associadas a carcaças suínas e corpos humanos ocorrentes na mesma região. Foi identificado uma riqueza de 36 famílias de insetos, das quais somente quatro foram consideradas com importância forense por representar atividades diretas de consumo e decomposição da carcaça. Tais famílias identificadas pelos autores foram Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae (todas de Diptera) e a família Dermestidae (Coleoptera) sendo essa última associada a estágios finais de decomposição pois tem por hábito predar imaturos dos dípteros.

Benecke (1997) publicou um estudo de seis casos onde dípteros associados a cadáveres humanos em decomposição trouxeram detalhes esclarecedores em relação ao intervalo post-mortem e condições de morte. Nos casos que envolviam a presença de dípteros, os mesmos foram abundantemente encontrados nas famílias Calliphoridae e Sarcophagidae. Tais grupos foram principalmente encontrados em estágios iniciais de decomposição, permanecendo assim no recurso até a maturação da larva e serviram de indicadores para determinação de intervalo post-mortem através do cálculo de Grau-dia-acumulado.

Outros recursos também são empregados em estudos forenses de sucessão. Em trabalho realizado em Pelotas, RS, Krüger et al (2010) coletaram larvas de Diptera associados a carcaças de coelho (*Oryctolagus cunniculus*) no decorrer de um ano, amostrando todas as estações. O trabalho apontou que as espécies de Calliphoridae: *Lucilia eximia* e *Chrysomya albiceps* como as de maior relevância forense devido sua ocorrência em todas as estações do ano, assemelhando-se assim a outros trabalhos com modelos suínos. As famílias Muscidae e Fannidae também se desenvolveram no recurso, todavia não em todas as estações (CARVALHO; LINHARES, 2001, CARVALHO et al, 2004).

Com armadilha adaptada à captura de dípteros adultos que se desenvolvem em recursos efêmeros, Hwang; Turner (2005) expuseram fígado suíno durante um intervalo de 16 meses nos arredores de Londres no Reino Unido, objetivando estabelecer grupos de insetos com hábitos saprófagos em áreas urbanas e rurais. Com esse estudo foram coletados 3314 indivíduos onde 78,6% representavam espécies da família Calliphoridae, dentro disso, *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) foi a espécie dominante representando praticamente 47% de todos os dípteros coletados. Nos ambientes severamente antropomorfizados, as espécies mais

frequentes foram *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Lucilia illustris* (Meigen, 1826) e *L. sericata* (Meigen, 1826), enquanto hábitats rurais apresentam a assembléia de necrófagos composta por espécies como *Calliphora vomitoria* (Linnaeus, 1758), *Phaonia subventa* (Harris, 1780), *Neuroctena anilis* (Fallén, 1820) e *Tephrochlamys flavipes* (Zetterstedt, 1838). O estudo concluiu que as condições ambientais são altamente representativas entre as variáveis que moldam a estrutura da comunidade necrófaga de dípteros.

Dentre os trabalhos realizados com carcaças de pequeno porte, Monteiro-Filho; Penereiro (1987), expuseram carcaças de *Rattus rattus* (Linné, 1758) albinos na região de Campinas, SP. O trabalho determinou qualitativamente os grupos presentes na sucessão ecológica da fauna de artrópodes de importância forense além de qualificar os fatores abióticos de maior relevância no avanço dos estágios de decomposição. Fatores climáticos como temperatura e umidade relativa do ar foram dados como influentes no processo de putrefação. Dentre os fatores bióticos, a presença dos grupos de moscas: Calliphoridae, Sarcophagidae e Muscidae em estágios imaturos foram estabelecidos como maiores responsáveis pelo consumo da biomassa do recurso. Sugerindo com isso que a fauna encontrada é similar à de recursos maiores, sofrendo apenas queda na abundância devido a disponibilidade energética menor devido a menor biomassa.

Ainda com carcaças de pequena biomassa, Moretti et al (2008) realizaram estudos de decomposição com carcaças de *Mus musculus* e *Rattus novergicus*. Nesse estudo, realizado em Campinas, SP foram coletados um total de 6514 artrópodes em 16 carcaças expostas nas quatro estações do ano. Fatores climáticos como insolação constante – que pode resultar em mumificação, foram apontados como fatores que influenciam o processo de decomposição, além do tamanho da carcaça que foi estabelecido como fator de grande influência na atratividade do recurso para insetos de hábito necrófago. Se tratando de fatores bióticos, as espécies *Lucilia eximia* (Calliphoridae) e *Peckia (Pattonella) intermutans* (Sarcophagidae) foram as únicas espécies encontradas em todas as estações nas formas adulta e imatura.

Ames; Turner (2003), em estudo realizado em Londres, Reino Unido, afirmaram que o desenvolvimento da entomofauna decompositora em carcaças necessita de uma temperatura mínima para ocorrer, sendo que abaixo desse limiar as taxas de

desenvolvimento se aproximam de zero. Todavia, em seu experimento expondo as espécies *Caliphora vicina* e *C. vomitoria* a uma temperatura constante de 20°C e abruptas quedas de temperatura, os autores concluíram que não haveria uma temperatura mínima limitante para o desenvolvimento do estágio larval dessas espécies. Tal estudo expõe que, espécies de Diptera reagem diferentemente a condições climáticas distintas.

Com base na literatura levantada, pode-se compreender que o grupo taxonômico Calliphoridae é o mais representativo quando se trata de colonização de recursos efêmeros de vertebrados de qualquer faixa de peso, seguido por uma grande significância de Muscidae e Sarcophagidae. Quanto as temáticas relacionadas à sucessão ecológica, os trabalhos disponíveis na literatura focam no aspecto qualitativo, taxonômico e descritivo, apresentando fatores abióticos e sucessão de grupos de organismos que buscam o recurso. Em contrapartida, os padrões ecológicos quantitativos de sucessão de organismos não são profundamente explorados, reforçando assim as justificativas para realização deste trabalho, assim como a contribuição para a ecologia teórica (COURCHAMP et al, 2015).

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado nas dependências do campus Capão do Leão da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). O processo de sucessão ecológica foi acompanhado e para isso foram instaladas 21 armadilhas adaptadas de Hwang e Turner (2005), distribuídas em três pontos de coleta: Ponto A (31º48'02.57"S, 52º25'07.61"W), Ponto B (31º47'59.84"S, 52º25'04.41"W) e Ponto C (31º48'15.59"S, 52º25'00.77"W). No período da coleta de dados, os três pontos eram compostos de floresta altamente antropomorfizada, com áreas adjacentes composta de prédios com grande circulação de pessoas (Figura A), fato que, não exerce grande influência nos resultados obtidos dado que as espécies esperadas são adaptadas a ambientes antrópicos.

A distribuição das armadilhas foi realizada entre 9 e 16 de Junho de 2010, onde as condições de temperatura indicavam uma média de 14°C com máxima de 19,6°C e mínima de 9,3°C, UR84,3% e pluviosidade média diária de 3,8mm. No verão de 2012, as armadilhas foram expostas entre 16 e 23 de Janeiro, onde a temperatura média foi de 23,1°C, com mínima de 19,8°C e máxima de 26,8°C, pluviosidade média de 2,6°C e UR de 76,2% (EMBRAPA, 2015).

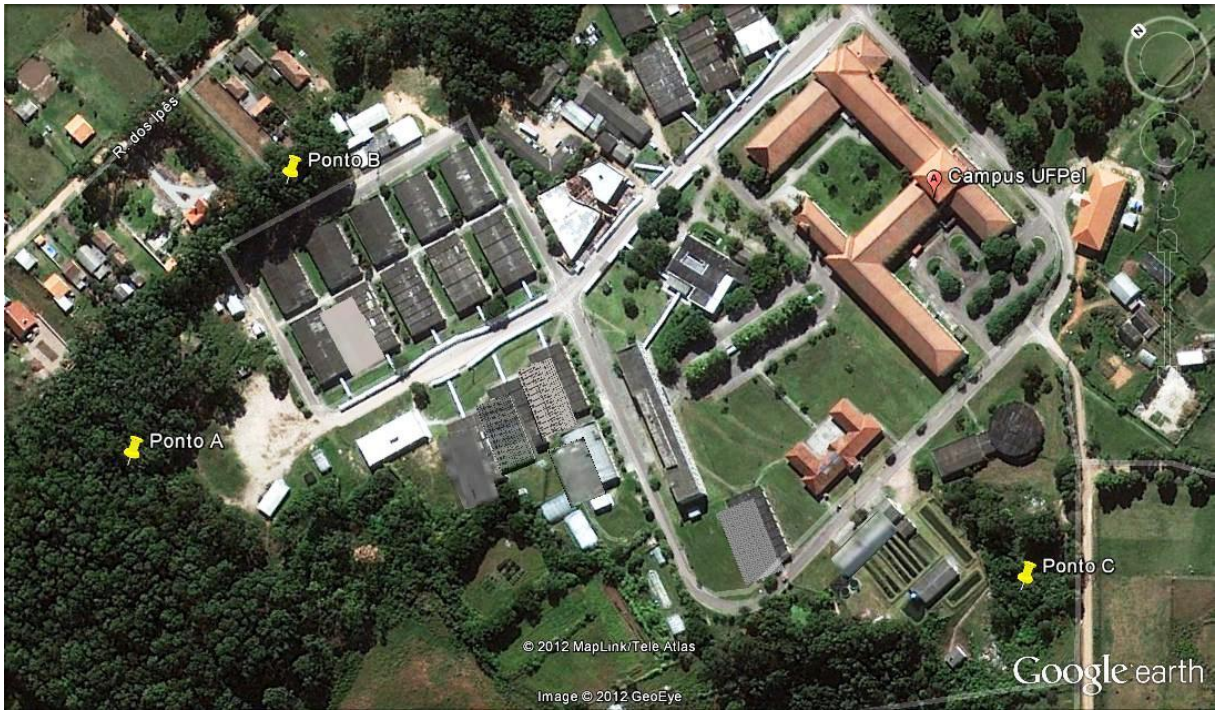

Figura A): Mapa do Campus Capão do Leão, da Universidade Federal de Pelotas apresentando os pontos de coleta (pontos A, B e C).

Quanto a vegetação, a mesma era composta principalmente por *Eucaliptus* sp, arbustos, pequenas árvores além de gramíneas e pastagem. A insolação nas armadilhas é indireta, dado que o dossel é suficientemente para tal, a exposição das armadilhas segue conforme a figura B.

Figura B: Armadilhas expostas no Ponto A de coleta. As armadilhas foram suspensas em pequenas árvores para evitar ação de vertebrados necrófagos (autoria própria).

As armadilhas foram adaptadas do modelo Hwang Turner (2005). Foram utilizadas garrafas PET inteiras, onde a porção anterior foi recortada para inserção do solo do local em uma camada de aproximadamente 5cm e sobre essa camada de solo afim de simular condições naturais de exposição da carcaça. Em seguida, o camundongo foi depositado no interior da armadilha, sendo a armadilha sendo a mesma lacrada com fita adesiva e três janelas foram abertas nas laterais a fim de permitir a colonização dos insetos (Figura B).

Nestas armadilhas foram utilizados como modelo experimental o camundongo *Mus musculus* (linhagem Swiss). Os camundongos utilizados foram descartes de manutenção de colônia do biotério da Universidade Federal de Pelotas.

3.2 Coleta de dados

A cada 24 horas, a partir do primeiro dia de exposição uma armadilha por local foi retirada, lacrada e depositada no Laboratório de Biologia de Insetos do Instituto de Biologia da UFPel em condições de 25±2°C e UR > 70% a fim de permitir o desenvolvimento dos imaturos no recurso.

Todos os dias após a coleta das três primeiras armadilhas, os adultos que emergiram dos recursos foram sacrificados em álcool 70ºGL, transfixados e depositados em coleção entomológica no Laboratório de Ecologia de Parasitos e Vetores (LEPAV) da UFPEL para posterior identificação por morfologia externa utilizando da chave taxonômica de famílias de Diptera proposta por Rafael et al. (2012). Seguido isso, as chaves para identificação em nível específico foram selecionadas conforme as famílias de insetos coletados (BROWN; KUNG, 2007, BROWN; KUNG, 2010, CARVALHO, 2002, CARVALHO; MOURA; RIBEIRO, 2002, CARVALHO; RIBEIRO, 2000, VAIRO; MELLO-PATIU; CARVALHO, 2011). O procedimento foi realizado no período correspondente ao inverno de 2010 e verão de 2012, totalizando assim três replicações por estação, onde cada replicação contém sete armadilhas coletadas em intervalos regulares de 24h após a exposição.

3.3 Análise de dados

A análise de dados foi realizada no programa R studio (R Development team 2012), utilizando de modelos comparativos com curvas padrão de probabilidade.

As análises tiveram início com a tabulação dos dados nas seguintes categorias colunares: estação (inverno; verão), ponto de exposição (A;B;C), dia (1;2;3...7), riqueza (1;2;3...) e abundância (1;2;3...). Em seguida, os dados foram observados em histogramas de frequência a fim de checar o formato visual das distribuições.

A riqueza e abundância entre as estações foram comparadas por teste de Kruskal-Wallis. Tal teste estatístico foi utilizado por ser um teste não paramétrico que permite identificar se um conjunto amostral segue a mesma distribuição de um ou mais

conjuntos de dados. Valores de $p < 0,05$ permitem constatar que há diferença entre a distribuição dos conjuntos de dados testados.

Dado essa diferenciação, a matriz de dados foi dividida ente as estações para a descrição do modelo estatístico e verificação da influência do tempo de decomposição na variação da riqueza e abundância.

O modelo nulo foi adotado para identificar se há ou não modificação da variável riqueza ou abundância ao longo do tempo, considerando valores de $p < 0,05$. Os testes foram realizados com modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição de *Poisson*.

Tal distribuição foi adotada porque a probabilidade de um dado número de eventos (n da riqueza de espécies) ocorrendo em um intervalo de tempo (dias de recolhimento da armadilha) e espaço (carcaça do animal), quando se sabe a média (obtida nas três réplicas/dia por estação) e independente da do evento do intervalo de tempo anterior (cada dia possui uma fauna singular cumulativa, pois as armadilhas recolhidas foram lacradas a cada dia de recolhimento).

Os parâmetros da *Poisson* foram adotados para a construção do modelo da equação descritiva do padrão observado. Em seguida, a curva resultante dessa equação foi inserida no histograma da distribuição dos dados para visualização.

4 Resultados e Discussão

Durante as coletas realizadas no Inverno, foi obtida uma abundância total de 792 indivíduos, distribuídos entre cinco espécies e morfoespécies. *Lucilia eximia* foi a espécie mais abundante representando 91,73% dos indivíduos coletados. O segundo grupo mais coletado foi Muscidae, com as espécies *Musca domestica* e *Muscina stabulans*, seguido de *Fannia sp.* Nas coletas realizadas no verão, a abundância obtida foi um somatório de 327 indivíduos em todas as armadilhas sendo *L. eximia* a espécie mais abundante, seguida por *Dohniphora* sp e *Muscina stabulans* (Tabela 1).

Tabela 1: Tabela contendo a relação das espécies criadas em carcaça de *Mus musculus* no campus Capão do Leão nas estações inverno e verão.

	Número de indivíduos					
Espécie	**Inverno**			**Verão**		
Ponto	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
Dohrniphora sp	-	-	-	26	15	-
Fannia sp	2	10	11	-	-	-
Lucilia eximia	209	284	239	89	143	47
Musca domestica	-	-	1	-	-	-
Muscina stabulans	17	-	15	7	-	-
Oxysarcodexya sp	-	4	-	-	-	
Total	**228**	**298**	**266**	**122**	**158**	**47**
Total por estação		**792**			**327**	

É possível observar que a riqueza em ambas as estações foi relativamente baixa, isso se deve ao fato de que o recurso por ser de pequeno porte, suporta uma comunidade decompositora limitada (MOURA; MONTEIRO-FILHO; CARVALHO 2005, HANSKI; KUSELA, 1980). A média da riqueza em ambas as estações foi a mesma, entretanto o inverno apresenta um desvio padrão maior de espécies que no verão (Figura 1), isso pode ser explicado pelo tempo em que o recurso permaneceu no ambiente em estágios de decomposição iniciais devido as baixas temperaturas (BORNEMISSZA, 1957, CAMPOBASSO et al, 2001). Ao contrário do verão, onde a alta energia do sistema resultou na completa decomposição da carcaça no quinto dia após a exposição.

A abundância no verão foi menor que no inverno (Figura 2). Tal fato também pode ser explicado pela decomposição rápida do recurso no ambiente, o que pode ter feito com que, os indivíduos completassem seu ciclo de desenvolvimento ainda em campo devido à alta energia do sistema. Outros fatores como o ressecamento do recurso e consequente perda de propriedades importantes para o desenvolvimento dos imaturos ou perda de compostos voláteis atraentes ao adultos que realizam oviposição. Nota-se também que a abundância no inverno sofreu um aumento a partir do terceiro dia. A explicação para este fato é que nos dias iniciais, o baixo metabolismo dos insetos em temperaturas reduzidas, e a baixa volatilização de compostos químicos provenientes da putrefação dificultaram a colonização (BORNEMISSZA, 1957, GRASSBERGER; FRANK, 2004, MONTEIRO FILHO; PENERERO, 1987, RAFAEL et al, 2012).

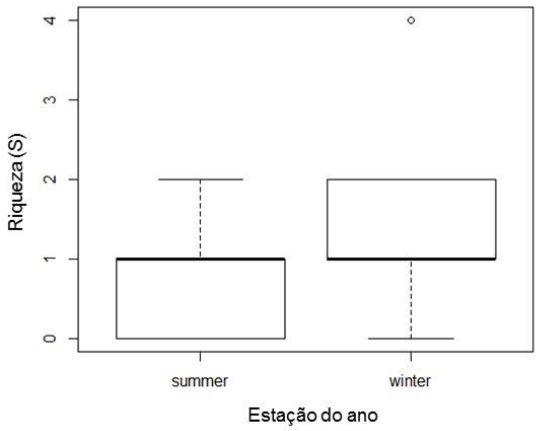

Figura 1: Box-plot apresentando as classes em que a riqueza (S) se distribuem nas estações inverno e verão.

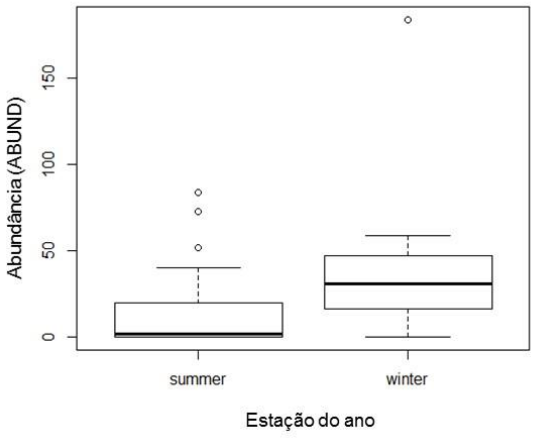

Figura 2: Box-plot apresentando as classes em que a abundância (ABUND) se distribuem nas estações inverno e verão.

Com realização do teste de Kruskal-wallis, foi constatado que as estações entre si, diferem na distribuição da riqueza ao longo do tempo (kw = 3,920, GL = 1, p = 0,047) onde a riqueza permanece similar entre as estações, todavia as caudas de desvio padrão apontam para um aumento e no verão para uma diminuição no inverno, ocorrendo um ponto máximo de riqueza quatro nesta estação (figura 1). A distribuição da abundância, também variou entre as estações (kw = 8,633, GL = 1, p = 0,00330) onde notoriamente a abundância no verão foi menor que a do inverno (figura 2).

Referente a riqueza, pode se observar visualmente que no inverno não houve variação ao longo dos dias (Figura 3), ao contrário do verão, onde houve decréscimo na riqueza conforme os dias após a exposição do recurso (Figura 4).

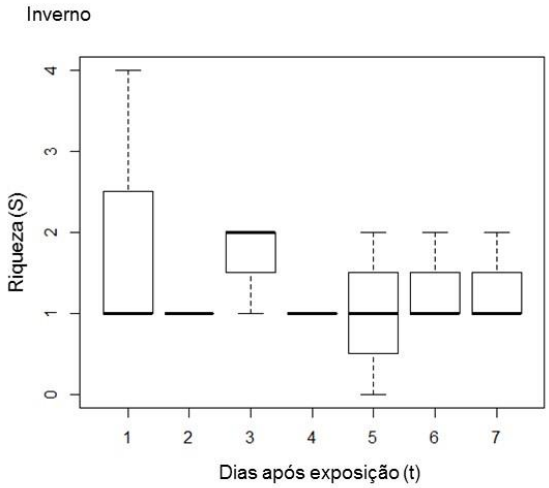

Figura 3: Variação da riqueza ao longo do tempo (em dias) no inverno

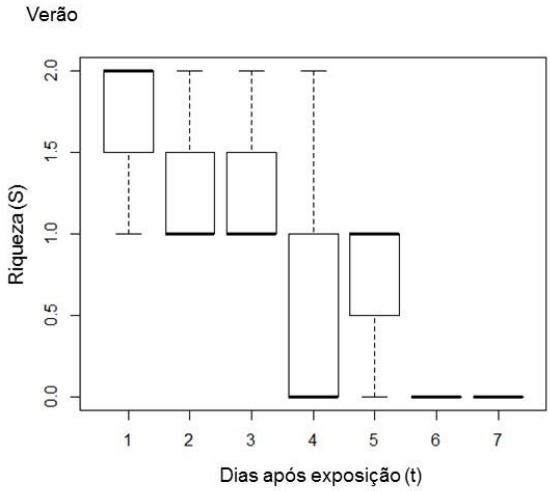

Figura 4: Variação da riqueza ao longo do tempo em dias) no verão

A variação dos dias de decomposição não interferiu na variação da riqueza ao longo do processo de sucessão. (chi = 8,521, GL = 19, p = 0,571 e n = 7). Atestando estatisticamente que no inverno a riqueza não variou ao longo dos dias de decomposição. Já no verão, o tempo de decomposição altera a riqueza de forma linear (chi = 11,265 GL = 19, p < 0,001 e n = 7) (figura 5).

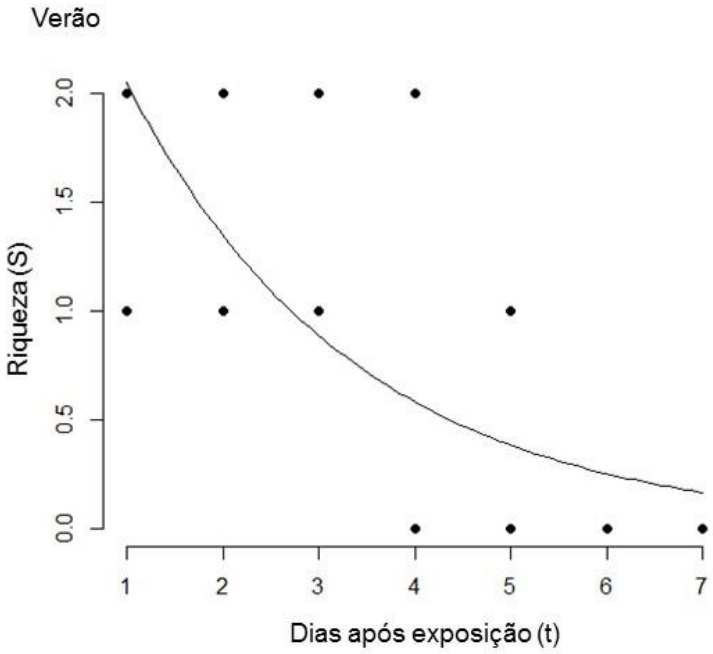

Figura: 5: Riqueza de espécies (S) necrófagas em função dos dias de exposição das carcaças de *Mus musculus* no campus Capão do Leão conforme distribuição de *Poisson*. Modelo descritivo da relação $Sver =_{EXP} 1{,}135\ (\pm 0{,}445) - 0{,}419 - (\pm 0{,}147) * dias$

A abundância no inverno sofreu variação ao longo dos dias de decomposição como pode ser observado visualmente na Figura 6, ao contrário do verão, onde se pode identificar uma queda na abundância conforme passam os dias (Figura 7).

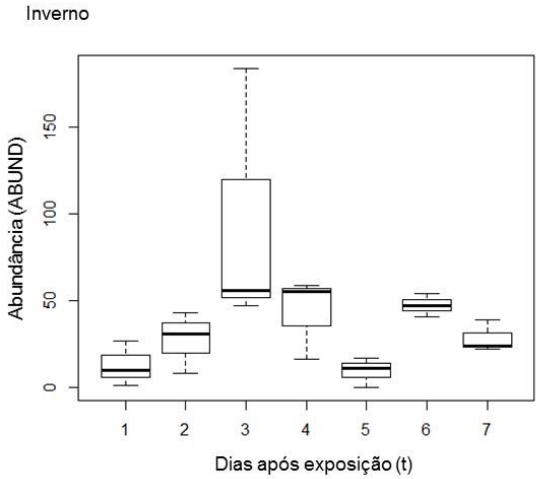

Figura 6: Variação da abundância ao longo do tempo (em dias) no inverno.

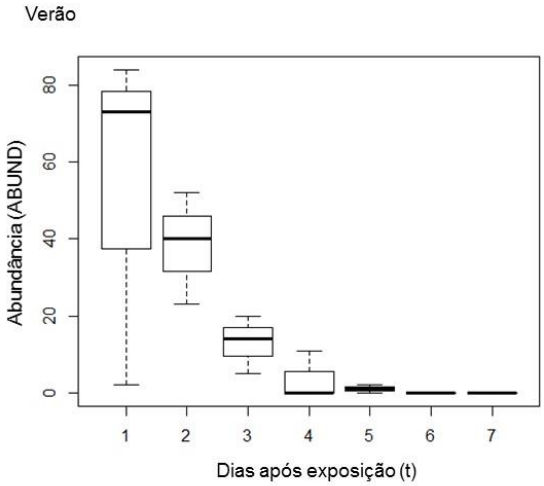

Figura 7: Variação de abundância ao longo do tempo (em dias) no verão.

Ao testar a abundância do inverno, notou-se que a mesma sofreu variação ao longo dos dias ao se diferenciar do modelo nulo (chi = 525,85, GL = 19, $p < 0,001$) sendo descrita por modelo quadrático (AIC = 634,44), mais ajustado que o linear (AIC = 713,43). A curva gerada por esta equação pode ser visualizada na Figura 8.

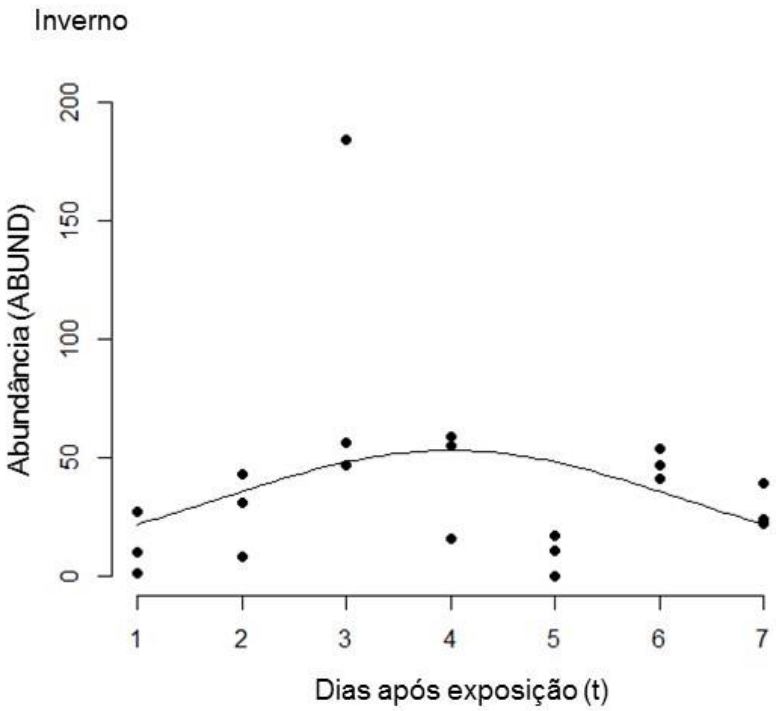

Figura 8: Abundância (ABUND) de espécies necrófagas em função dos dias de exposição das carcaças de *Mus musculus* no campus Capão do Leão conforme a distribuição de *Poisson*. Modelo descritivo da relação $ABUNDinv = {}_{exp}\ 2{,}381\ (\pm 0{,}795) * dias - 0{,}090 * dias^2$

A abundância no verão, também se diferenciou do modelo nulo (chi = 188,59 GL = 19, p < 0,001 e n = 7).A curva gerada por esta equação está representada na figura 9.

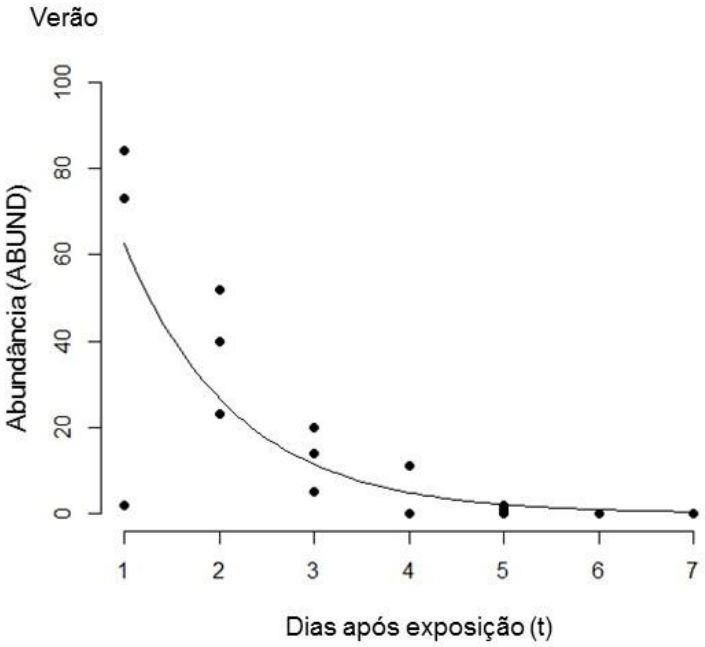

Figura 9: Abundâcia de espécies (ABUND) necrófagas em função dos dias de exposição das carcaças de *Mus musculus* no campus Capão do Leão conforme distribuição de *Poisson*. Modelo descritivo da relação $\text{ABUND}ver =_{EXP} 4{,}989\ (\pm 0{,}104) - 0{,}850 - (\pm 0{,}051) * dias$

Outros fatores além da condição climática podem ter influenciado na distribuição da riqueza e abundância nas estações. Entre eles podem estar tamanho da carcaça, que limita a quantidade de indivíduos que se desenvolvem no recurso, ou a escala de tempo adotada (em dias) que pode ter limitado as observações principalmente no verão onde em todas as réplicas o recurso foi consumido antes do quinto dia ainda em campo. Variáveis difíceis de mensurar como por exemplo grau de energia do sistema, interações inter e intra específicas e condições químicas do ambiente também podem ser determinantes (ARCHER; ELGAR, 2003, HANSKI; KUSELA, 1980, MOURA; MONTEIRO-FILHO; CARVALHO, 2005).

Considera-se também a possibilidade de que a sucessão ecológica em recursos efêmeros siga alguma distribuição própria, entretanto a mesma só poderia ser identificada com uma amostragem de diversos tamanhos de carcaça, locais de exposição, biomas e condições climáticas, não sendo possível em experimentos controlados.

Finalmente, observa-se que o padrão de sucessão ecológica em comunidades efêmeras pode ser influenciado por uma gama de variáveis que somente seriam identificadas em escalas macroeclógicas.

5 Conclusão

Após a realização desse estudo, pode-se concluir que a estação climática exerce influência nos padrões da riqueza e abundância em comunidades necrófagas presentes em recursos efêmeros de pequeno porte. Essa influência pôde ser observada no presente estudo com a diferenciação dos modelos obtidos para riqueza que no inverno foi o modelo nulo e no verão linear, considerando a distribuição de *Poisson*, e para abundância que no inverno obteve-se uma equação quadrática e no verão uma equação linear na mesma distribuição da riqueza.

Referências

AMES, C.; TURNER, B. Low temperature episodes in development of blowflies: implications for postmortem interval estimation. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 17, n. 2, p. 178-186, 2003.

ARCHER, M. S.; ELGAR, M. A. Yearly activity patterns in southern Victoria (Australia) of seasonally active carrion insects. **Forensic Science International**, v. 132, n. 3, p. 173-176, 2003.

BARRIOS, M.; WOLFF, M. Initial study of arthropods succession and pig carrion decomposition in two freshwater ecosystems in the Colombian Andes. **Forensic Science International**, v. 212, n. 1, p. 164-172, 2011.

BAZZAZ, F. A. The physiological ecology of plant succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 10, p. 351-371, 1979.

BENECKE, M. Six forensic entomology cases: description and commentary. **Journal of Forensic Sciences**, v. 43, n. 4, p. 797-806, 1998.

BONACCI, T.; BRANDMAYR, T.Z; BRANDMAYR, P.; VERCILLO, V.; PORCELLI, F. et al, Successional patterns of the insect fauna on a pig carcass in southern Italy and the role of Crematogaster scutellaris (Hymenoptera, Formicidae) as a carrion invader. **Entomological science**, v. 14, n. 2, p. 125-132, 2011.

BORNEMISSZA, G. F. An analysis of Arthropod succession in Carrion and the effect of its decomposiion on the soil fauna. **Australian Journal of Zoology**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 1957.

BROWN, B. V.; KUNG, G.A.. Revision of the New World *Dohrniphora* Dahl Species with hind tibial setae (Diptera: Phoridae). **Arthropod Systematics & Phylogeny**, v. 65, n. 2, p. 157-237. 2007.

BROWN, B. V.; KUNG, G.A.. Revision of the New World *Dohrniphora* Dahl species lacking large hind tibial setae (Diptera: Phoridae). **Zootaxa**, v. 2699, p. 1-142, 2010.

CAMPOBASSO, C. P.; DI VELLA, G.; INTRONA, F. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. **Forensic Science International**, v. 120, n. 1, p. 18-27, 2001.

CARVALHO, C. J. B.; MOURA, M. O.; RIBEIRO, P.B. Chave para adultos de dípteros (Muscidae, Fanniidae, Anthomyiidae) associados ao ambiente humano no Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 46, n. 2, p. 107-114. 2002.

CARVALHO, C. J. B.; RIBEIRO, P. B. Chave para identificação das espécies de Calliphoridae (Diptera) do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 9, n. 2, p. 169-173. 2000.

CARVALHO, Claudio. J. B. **Muscidae (Diptera) of the Neotropical Region: Taxonomy**. UFPR editora: Curitiba 2002. 287 p.

CARVALHO, L. M. L.; LINHARES, A. X. Seasonality of insect succession and pig carcass decomposition in a natural forest area in Southeastern Brazil, **Journal of Forensic Sciences**, v. 46, n. 3, p. 604-608. 2001.

CARVALHO, L. M. L.; THYSSEN, P. J.; GOFF, M. L.; LINHARES, A. X.; Observations on the succession patters of necrophagous insects on a pig carcass in an urban area of Southeastern Brazil. **Journal of Forensic Medicine and Toxicology**, v. 5, n. 1, p. 33-39, 2004.

CARVALHO, L. M. L.; THYSSEN, P. J.; LINHARES, A. X.; PALHARES, F. A. B.. A checklist of arthropods associated with pig carrion and human corpses in Southeastern Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 95, n. 1, p. 135-138, 2000.

CATTS, E. P.; GOFF, M. L. Forensic entomology in criminal investigations, **Annual Review of Entomology,** v. 37, p. 253-272. 1992.

CENTENO, N.; MALDONADO, M.; OLIVA, A. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). **Forensic Science International**, v. 126, n. 1, p. 63-70, 2002.

COURCHAMP, F.; DUNNE, J. A.; MAHO, Y. L.; MAY, R. N.; THÉBAUD, C.; HOCHEBERG, M. E. Fundamental ecology is fundamental. **Trends in Ecology; Evolution**, v. 30, n. 1, p. 9-16, 2015.

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. **Biociências**, v. 14, n. 2, p. 193-201, 2006.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Base de dados meteorológicos, Brasil. Disponível em: <http://agromet.cpact.embrapa.br/online/Current_Monitor.htm>. Acesso em: 01 dez. 2015.

GRASSBERGER, M.; FRANK, C. Initial study of arthropod succession on pig carrion in a central European urban habitat. **Journal of Medical Entomology**, v. 41, n. 3, p. 511-523, 2004.

HANSKI, I; KUSELA, S. The structure of carrion fly communities: Differences in breeding seasons. **Annales Zoologici Fennici**, v. 17, n. 3, p. 185-190, 1980.

HORENSTEIN, M. B. LINHARES, F. B. R., GARCÍA, D. Decomposition and dipteran succession in pig carrion in central Argentina: ecological aspects and their importance in forensic science. **Medical and Veterinary entomology**, v. 24, n. 1, p. 16-25, 2010.

HORENSTEIN, M. B.; LINHARES, A. X. Seasonal composition and temporal succession of necrophagous and predator beetles on pig carrion in central Argentina. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 25, n. 4, p. 395-401, 2011.

HORENSTEIN, M. B.; LINHARES, X.; FERRADAS, B. R.; GARCÍA, D. Decomposition and dipteran succession in pig carrion in central Argentina: ecological aspects and their importance in forensic science. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 24, n. 1, p. 16-25, 2010.

HWANG, C.; TURNER, B.D. Spatial and temporal variability of necrophagous Diptera from urban to rural area. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 19, p. 379-391, 2005.

KRÜGER, R. F.; KIRST, F. D.; SOUZA, A. S. B. Rate of development of forensically-important Dipterain southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 4, p. 624-629, 2010.

MACARTHUR, Robert H. **The theory of island biogeography**. Princeton University Press: Princeton, 1967 p. 203.

MARCHENKO, M. I. Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time of death. **Forensic Science International**, v. 120, p. 89-109. 2001.

MARCHIORI, C. H.; SILVA, C. G.; CALDAS, E. R.; VIEIRA, C. I. S.; ALMEIDA, K. G. S., TEIXEIRA, F. F.; LINHARES, A. X. Artrópodos associados com carcaça de suíno em Itumbiara, sul de Goiás. **Arquivos do Instituto de Biologia**, v. 67, n. 2, p. 167-170, 2000.

MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; PENEREIRO, J. L. Estudo de decomposição e sucessão sobre uma carcaça animal numa área do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 47, n. 3, p. 289-295, 1987.

MORETTI, T. C.; RIBEIRO, O. B.; THYSSEN, P. J.; SOLIS, D. R. Insects on decomposing carcasses of small rodents in a secondary forest in Southeastern Brazil. **European Journal of Entomology**, v. 105, p. 691-696, 2008.

MOURA, M. O.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; CARVALHO, C. J. B. Heterotrophic succession in carrion arthropod assemblages. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 3, p. 477-486, 2005.

NORTUEVA, P. Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. **Forensic Medicine, Trauma and Environmental Hazards,** v. 2, p. 1072-1095. 1977.

PEARSON, T. H.; ROSENBERG, R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. **Oceanography and Marine Biology Annual Review**, v. 16, p. 229-311, 1978.

RAFAEL, J.A.; MELO, G.A.R.; CARVALHO, C.J.B.; CASARI, S.A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil**, Holos Editora: Ribeirão Preto, 2012. 796 p.

SKENE, K. R. The energetics of ecological succession: A logistic model of entropic output. **Ecological Modelling**, v. 250, p. 287-293, 2013.

SOUSA, W. P. Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. **Ecological Monographs**, v. 49, n. 3, p. 227-254, 1979.

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**, v. 52, n. 4, p. 641-646, 2008.

TOMBERLIN, J. K.; ADLER, P. H. Seasonal colonization and decomposition of rat carrion in water and on land in an open field in South Carolina. **Journal of Medical Entomology**, v. 35, p. 704-709, 1998.

TOWNSEND, Colin R.; BEGON, Michael; HARPER, John L. **Fundamentos em ecologia**. Artmed: Porto Alegre, 2010. 575 p.

VAIRO, K. P.; MELLO-PATIU, C. A.; CARVALHO, C. J. B. Pictorial identification key for species of Sarcophagidae (Diptera) of potential forensic importance in southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 3, p. 333-347, 2011.

WANG, J.; ZHIGANG, L.; CHEN, T.; CHEN.; YIN, X. The succession and development of insects on pig carcasses and their significances in estimating PMI in south China. **Forensic Science International**, v. 179, n. 1, p. 11-18, 2008.