



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE FUNGOS NO AR DE COOPERATIVA DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

Caroline Fernanda Hei Wikuats (*), Kátia Valéria Marques Cardoso Prates, Leila Droprinchinski Martins, Alex da Cunha Molina, Laura Lahr Lourenço Janiaski

* Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina

RESUMO

O aumento na geração e na disposição inadequada de resíduos sólidos tornou a reciclagem e o trabalho de cooperativas de catadores de materiais recicláveis fundamentais na sua gestão. No entanto, a qualidade ambiental de cooperativas pode ser comprometida com o acúmulo de microrganismos em suspensão no ar. Assim, este trabalho tem como objetivo determinar as concentrações de fungos no ar de diferentes ambientes de uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis do município de Londrina. O estudo foi realizado nos dias 03 e 05 de outubro de 2017, quando foram feitas as amostragens de fungos em três pontos de coleta: o primeiro no interior de um barracão de processamento de resíduos (P1), o segundo dentro do escritório (P2) e o terceiro no ambiente externo, no pátio (P3). As coletas foram realizadas nos ambientes internos concomitantemente com o ponto externo nos períodos da manhã e da tarde. Temperatura e umidade relativa do ar foram amostradas utilizando o sensor externo *Onset HOBO* e a técnica de sedimentação espontânea foi usada para coletar fungos (em triplicata) por 10 minutos em cada ponto de amostragem. Após o crescimento dos microrganismos, foi feita a contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) e, com isso, calculou-se o número de UFC por metro cúbico de ar. Os resultados mostraram que houve pouca variação na temperatura entre a manhã e à tarde dos dias 03 e 05, enquanto a oscilação na umidade foi maior no dia 03. A maior concentração de fungos foi registrada no barracão na manhã do dia 03, sendo mais que o dobro de $750,0 \text{ UFC.m}^{-3}$, estabelecido pela Resolução ANVISA nº 09/2003 como valor máximo recomendável (VMR). Ainda, foi constatada uma correlação negativa entre os valores de temperatura e as concentrações de fungos nos ambientes internos. Por sua vez, a umidade correlacionou-se positivamente com os fungos amostrados no barracão e no escritório. Os valores superiores ao limite recomendável para a relação I/E foram observados na razão calculada entre as médias de UFC.m^{-3} no barracão e no ambiente externo. Portanto, o barracão foi o local mais comprometido com relação à presença de fungos em suspensão no ar da cooperativa, apresentando valores superiores aos recomendados pela legislação, o que pode representar riscos à saúde dos trabalhadores expostos a esses microrganismos.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade microbiológica do ar, Resíduos sólidos, Saúde ocupacional, Fungos em suspensão no ar.

ABSTRACT

The increase in the generation and in the inadequate dispose of solid waste has made recycling and the operation of materials recovery facilities essential in their management. However, the environmental quality of such facilities may be compromised by the accumulation of airborne microorganisms. Thus, this study aims to determine the concentrations of fungi in the air of different environments at a materials recovery facility in the city of Londrina. The study was carried out on October 03 and 05, 2017, when fungi samples were collected at three sampling points: the first one inside a waste processing shed (P1), the second inside the office (P2), and the third in the outdoor environment (P3). The samplings were performed simultaneously in the indoor and outdoor environments in the morning and in the afternoon. Temperature and relative humidity were sampled using the external *Onset HOBO* sensor and the settle plate method was used to collect fungi (in triplicate) for 10 minutes at each sampling point. After the growth of the microorganisms, colony forming units (CFU) were counted and, therefore, the number of CFU per cubic meter of air was calculated. The results showed that there was little variation in the temperature between morning and afternoon of both sampling days, while humidity instability was higher on October 03. The highest concentration of fungi was recorded in the waste processing shed on October 03 in the morning, which was more than double that of 750.0 UFC.m^{-3} , established by ANVISA Resolution No. 09/2003 as the maximum recommended value. Also, a negative correlation between temperature values and fungi concentrations was observed in the indoor environment. On the other hand, relative humidity correlated positively with fungi in the waste shed and in the office. Values higher than the recommended limit for the I/E ratio were observed in the relation calculated between the averages of CFU.m^{-3} in the waste shed and in the outdoor environment. Therefore, the waste processing shed was the most compromised place concerning the presence of airborne fungi at the facility, presenting higher values than those recommended by the legislation, which may represent health risks for employees exposed to these microorganisms.

KEY WORDS: Microbiological quality of air, Solid waste, Occupational health, Airborne fungi.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização e o adensamento populacional, além dos padrões de produção e consumo da sociedade ocasionaram aumento na geração e na disposição inadequada de resíduos sólidos (PEDROSA; NISHIWAKI, 2014; RODRIGUES et al., 2015). O seu gerenciamento foi estruturado a partir da necessidade de melhoria da segurança sanitária da população e do meio ambiente, uma vez que os resíduos sólidos podem acarretar riscos à saúde do homem e causar poluição no ar, no solo e na água (PEDROSA; NISHIWAKI, 2014).

Assim, a reciclagem e o estabelecimento de cooperativas de catadores de materiais recicláveis são fundamentais no cenário atual de gestão de resíduos sólidos. Isso propicia benefícios ao meio ambiente, pois os resíduos recicláveis que seriam destinados aos lixões ou aterros sanitários são reaproveitados nas indústrias, possibilitando a redução da extração de matéria-prima virgem, dos custos no processo produtivo, de gastos energéticos e da poluição da água, do ar e do solo (IPEA, 2013; RODRIGUES et al., 2015). Além disso, permite a consolidação de um perfil de inclusão social, com melhores condições de trabalho e renda aos catadores, que passam a ter consciência da importância do seu trabalho (RODRIGUES et al., 2015).

Entretanto, a qualidade ambiental de cooperativas pode ser comprometida com o acúmulo de microrganismos em suspensão no ar, pois parte dos resíduos sólidos urbanos está sujeita a decomposição, sendo colonizada facilmente por bactérias e fungos. Esses microrganismos podem sofrer o processo de formação de bioaerossóis quando os resíduos são manipulados pelos catadores e podem apresentar riscos tóxicos, alergênicos ou infecciosos (LAVOIE et al., 2006).

Os fungos constituem uma parte essencial dos resíduos sólidos, uma vez que são microrganismos capazes de aderir a esses resíduos e produzir um grande número de partículas reprodutivas (esporos) (ČERNÁ et al., 2016). A exposição a esses microrganismos em suspensão no ar de cooperativas pode ocorrer, predominantemente, por meio da inalação, mas também por contato dérmico e contaminação por alimentos (FONTANA et al., 2015; ČERNÁ et al., 2016).

Com a exposição constante aos bioaerossóis de origem fúngica no ambiente de trabalho, uma vez que são recebidos materiais diversos nas cooperativas (além dos recicláveis) devido à segregação incorreta na fonte de geração, os catadores podem estar sujeitos a riscos adversos à saúde. Tais riscos incluem inflamação do trato respiratório, rinite, bronquite, irritação da membrana mucosa, alergia, asma, conjuntivite, entre outros (LAVOIE et al., 2006). Dessa forma, é importante avaliar a presença de fungos nos ambientes da cooperativa em questão a fim de fornecer subsídios para o controle da poluição do ar e a redução dos efeitos nocivos à saúde dos catadores.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo determinar as concentrações de fungos no ar de diferentes ambientes de uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis do município de Londrina.

METODOLOGIA

• Local de estudo e pontos de amostragem

Este estudo foi realizado nos dias 03 e 05 de outubro de 2017, início da primavera, em uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis de Londrina, no estado do Paraná. A cooperativa foi escolhida devido à sua relevância no cenário municipal de coleta, segregação e comercialização desses resíduos, processos que são realizados com os resíduos recicláveis provenientes de, aproximadamente, 40% dos domicílios existentes em Londrina de acordo com a Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização (CMTU, 2018).

Três pontos foram determinados para a coleta de fungos em suspensão no ar da cooperativa, sendo o primeiro no interior de um dos barracões de armazenamento e processamento de resíduos (P1), o segundo dentro do escritório (P2) e o terceiro no ambiente externo, no pátio (P3), conforme pode ser observado na Figura 1. As coletas de amostras foram realizadas nos ambientes internos concomitantemente com o ponto externo nos períodos da manhã e da tarde para observação da influência das variáveis meteorológicas sobre a concentração dos fungos.

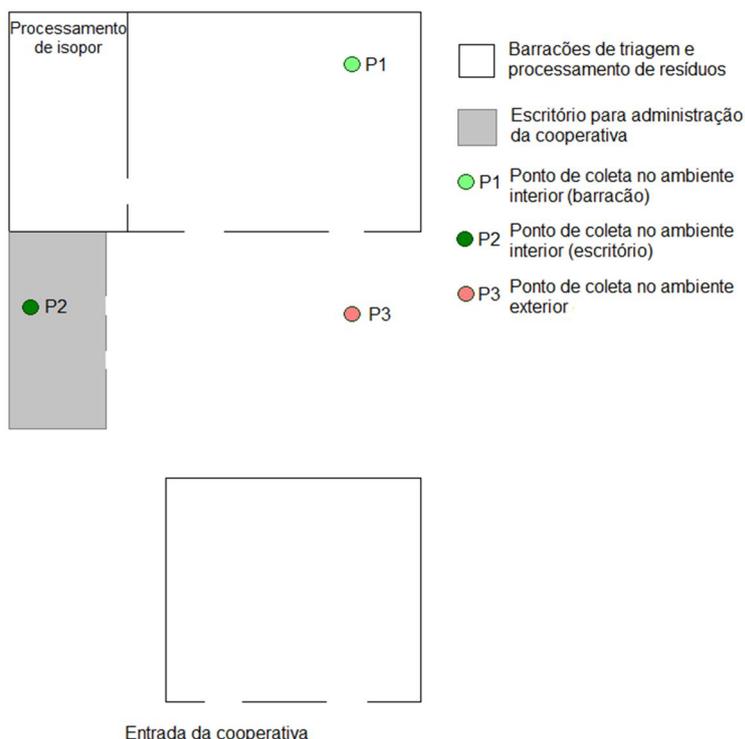


Figura 1: Croqui dos pontos de amostragem. Fonte: Autora do Trabalho.

• Amostragem das variáveis meteorológicas

Temperatura e umidade relativa do ar foram amostradas utilizando o sensor externo *Onset HOBO* (modelo UX100-023), ao mesmo tempo em que foram realizadas as coletas de fungos no barracão (P1) e no escritório (P2).

• Amostragem dos fungos

O meio de cultura *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) foi preparado para a realização da amostragem de fungos em triplicata baseada na técnica de sedimentação espontânea. O tempo de exposição das placas de Petri foi de 10 minutos em cada ponto de coleta. Posteriormente, as placas amostradas foram incubadas (estufa de cultura bacteriológica Fanem, modelo 502) por 96 horas, permitindo o crescimento desses microrganismos à temperatura ambiente.

Em seguida, foi feita a caracterização macroscópica das colônias de fungos e a contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) em cada placa de Petri (contador de colônias Marconi, modelo MA-6000) por meio da observação visual. A partir disso foi calculado o número de UFC por metro cúbico de ar utilizando a Equação 1, que foi multiplicada por 23:1 referente à razão entre o número de células na superfície da placa e o número de células no ar, para amostragens realizadas por sedimentação espontânea (MORAIS et al., 2010; ABELHO, 2013).

$$n^{\circ} \text{ de UFC.m}^{-3} = [(n^{\circ} \text{ de UFC em cada placa}) / (\text{área da placa}) \times 1/23] \quad \text{Equação (1)}$$

Por fim, os resultados foram avaliados por meio de análises estatísticas e comparados com a legislação pertinente.

RESULTADOS

• Variáveis meteorológicas

Na Tabela 1 podem ser observados os dados resultantes da análise estatística feita para a temperatura (T) e a umidade relativa (UR) do ar. M1, M2 e DP representam a média, a mediana e o desvio padrão, respectivamente.

No dia 03 de outubro, observa-se que houve variação de 4,4 e 2,2°C na temperatura média no barracão e no escritório, respectivamente, entre os períodos da manhã e da tarde. Para a umidade relativa do ar, as médias variaram 27,8% no

barracão e 17,7% no escritório. No dia 05 de outubro houveram variações de 5,6 e 4,8°C para a temperatura média e de 6,0 e 9,1% para a umidade relativa no barracão e no escritório, respectivamente.

Tabela 1. Análise estatística para os dados de temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes internos para os dias 03 e 05 de outubro.

Fonte: Autora do Trabalho.

Local	Coleta 1 – 03/10						Coleta 2 – 05/10						
	Manhã			Tarde			Manhã			Tarde			
	M1 ^e	M2 ^f	DP ^g	M1	M2	DP	M1	M2	DP	M1	M2	DP	
T ^a	P1 ^c	21,1	21,1	0,3	25,5	25,3	1,3	23,6	23,6	0,3	29,2	30,0	1,9
(°C)	P2 ^d	22,1	22,1	0,2	24,3	24,4	0,2	25,0	24,9	0,3	29,8	29,7	0,5
UR ^b	P1	69,5	68,9	1,6	41,7	42,3	2,4	55,6	55,3	0,9	49,6	50,6	3,1
(%)	P2	57,3	56,5	4,8	39,6	39,0	2,1	57,6	57,6	0,2	48,5	48,6	1,2

^aT = temperatura; ^bUR = umidade relativa; ^cP1 = barracão; ^dP2 = escritório; ^eM1 = média; ^fM2 = mediana; ^gDP = desvio padrão.

Além disso, constata-se que as médias de temperatura foram maiores no dia 05 em ambos os períodos. Com relação à umidade relativa, foi observada redução no seu valor registrado no barracão e elevação no escritório comparando-se as manhãs dos dois dias de coleta. Durante a tarde os valores de umidade aumentaram em ambos os locais.

• Fungos

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das médias (M1), medianas (M2) e desvios padrões (M3) dos fungos. Na Figura 2 podem ser visualizadas as concentrações de fungos (UFC.m⁻³) em ambos os dias de coleta.

Tabela 2. Análise estatística dos fungos nos ambientes de coleta para os dias 03 e 05 de outubro.

Fonte: Autora do Trabalho.

Turno	Local	Coleta 1 – 03/10			Coleta 2 – 05/10		
		M1 ^d	M2 ^e	M3 ^f	M1	M2	M3
Manhã	P1 ^a	1.611,6	1.617,4	200,1	1.008,7	1.026,1	79,7
	P2 ^b	356,5	339,1	62,7	391,3	417,4	52,9
	P3 ^c	668,1	660,9	124,0	595,7	582,6	165,7
Tarde	P1	1.402,9	1.408,7	295,7	492,8	478,3	66,4
	P2	391,3	417,4	102,5	144,9	165,2	35,1
	P3	852,2	874,0	94,1	1147,8	1178,3	200,8

^aP1 = barracão; ^bP2 = escritório; ^cP3 = externo; ^dM1 = média; ^eM2 = mediana; ^fDP = desvio padrão.

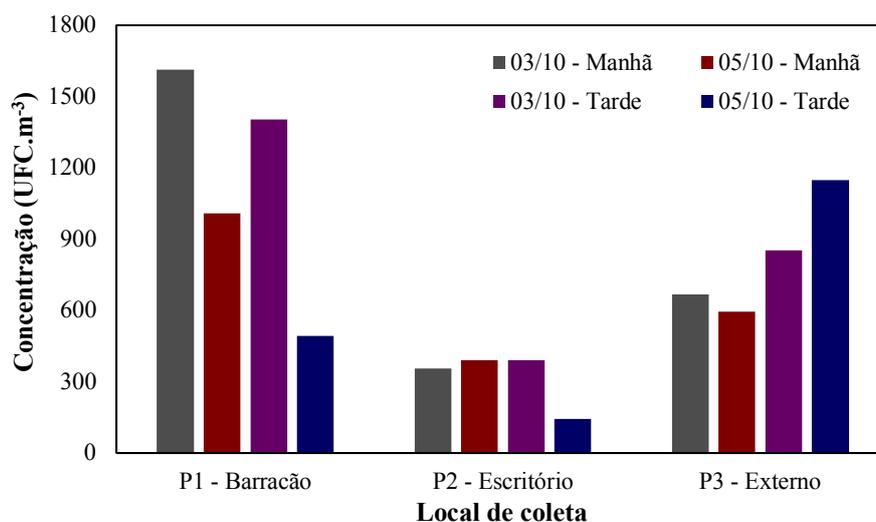


Figura 2: Concentração de fungos nos ambientes de coleta para os dias 03 e 05 de outubro. Fonte: Autora do Trabalho.

Conforme pode ser observado na Tabela 2 e na Figura 2, a maior concentração foi registrada no barracão na manhã do dia 03, com um valor aproximado de 1.612,0 UFC.m⁻³, mais que o dobro de 750,0 UFC.m⁻³ que a Resolução ANVISA n° 09/2003 estabelece como valor máximo recomendável (VMR) para fungos em ambientes internos. Nesse mesmo ambiente ainda houveram valores superiores ao VMR nas coletas da manhã do dia 05 e da tarde do dia 03. No escritório, os valores obtidos em todas as amostragens foram inferiores ao VMR.

Ainda no escritório, as amostragens da manhã do dia 05 e da tarde do dia 03 apresentaram valores mais elevados de concentração de fungos. No ambiente externo as maiores concentrações foram registradas nas coletas das tardes dos dias 03 e 05, período em que foi observada maior movimentação de caminhões que traziam os resíduos coletados na cidade para a cooperativa.

De acordo com Camacho (2007) e Emygdio (2016) a temperatura tem influência na concentração de fungos, que aumenta à medida que aquela se eleva. Em ambos os dias de coleta os maiores valores de temperatura foram registrados à tarde nos dois ambientes internos, entretanto, houve redução na concentração de fungos ao comparar as manhãs e as tardes dos dias 03 e 05 no barracão e do dia 05 no escritório. Assim, constata-se uma correlação negativa entre esses parâmetros, não condizente com o citado pelas autoras, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Correlações positivas significativas são reportadas entre a concentração de fungos e a umidade relativa do ar, principalmente quando esta é maior que 65,0% (CAMACHO, 2007; FRANKEL et al., 2012). Foi observada diminuição nas concentrações de fungos com a redução da umidade entre as manhãs e as tardes dos dias 03 e 05 no barracão e do dia 05 no escritório. Dessa forma, essas variáveis se correlacionaram positivamente, como pode ser verificado na Tabela 3.

Portanto, os testes de correlação indicam que existe a tendência de redução nos valores de concentração de fungos em ambientes internos com o aumento da temperatura e a diminuição da umidade relativa do ar também nos ambientes interiores.

Tabela 3. Análise de correlação entre as variáveis meteorológicas medidas nos ambientes internos.

Fonte: Autora do Trabalho.

		Fungos	T	UR
Barracão	Fungos	1,00		
Escritório		1,00		
Barracão	T ^a	-0,44	1,00	
Escritório		-0,78	1,00	
Barracão	UR ^b	0,49	-0,66	1,00
Escritório		0,19	-0,26	1,00

^aT = temperatura; ^bUR = umidade relativa.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da relação I/E, ou seja, a razão entre a concentração de fungos no ar interno e no ar externo. Na Resolução ANVISA n° 09/2003 é estabelecido que essa relação deve ser menor ou igual a 1,50, pois valores muito altos podem indicar a presença de fontes poluidoras no ambiente interior (NUNES, 2005).

Tabela 4. Relação I/E para os fungos nos ambientes de coleta para os dias 03 e 05 de outubro.

Fonte: Autora do Trabalho.

Turno	Local	Coleta 1 – 03/10		Coleta 2 – 05/10	
		Média de UFC.m ⁻³	I/E	Média de UFC.m ⁻³	I/E
Manhã	P1 ^a	1.611,6	2,41	1.008,7	1,69
	P3	668,1		595,7	
	P2 ^b	356,5	0,53	391,3	0,66
	P3 ^c	668,1		595,7	
Tarde	P1	1.402,9	1,65	492,8	0,43
	P3	852,2		1.147,8	
	P2	391,3	0,46	144,9	0,13
	P3	852,2		1.147,8	

^aP1 = barracão; ^bP2 = escritório; ^cP3 = externo.

Todos os valores superiores ao limite recomendável foram observados na relação entre as médias de UFC.m⁻³ no barracão e no ambiente externo. No dia 03 observam-se os valores de 2,41 na coleta do período da manhã e de 1,65 para a coleta

realizada durante a tarde, enquanto no dia 05 tem-se o valor de 1,69 na coleta da manhã. Isso pode ter ocorrido devido à movimentação de *big bags* de resíduos dentro do barracão durante a segregação para a organização do espaço e à entrada de caminhões nesse ambiente para o descarregamento dos resíduos coletados.

As colônias de fungos que cresceram nas placas amostrais foram caracterizadas macroscopicamente. De maneira geral, colônias de cores, formas e tamanhos variados foram observadas em todas as amostragens realizadas. Além disso, constatou-se a presença de colônias com bordos lisos e irregulares, e aspectos aveludados, pulverulentos e algodonosos, características típicas de fungos filamentosos. Também foi notado o crescimento de um número considerável de colônias de aparência cremosa, que podem ser tanto leveduras como bactérias.

Essas observações macroscópicas (Figura 3) indicam a existência de uma grande diversidade de fungos em suspensão no ar dos ambientes analisados da cooperativa. Apesar dos fungos filamentosos não terem sido identificados, infere-se que os funcionários tanto do escritório como os que trabalham diretamente com os resíduos estão expostos a diversas espécies de fungos, que podem causar efeitos adversos à saúde.



Figura 3: Colônias de fungos observadas nas placas de Petri. Fonte: Autora do trabalho.

CONCLUSÕES

O barracão foi o local mais comprometido no que diz respeito à presença de fungos em suspensão no ar da cooperativa, apresentando valores de concentração superiores aos recomendados pela Resolução ANVISA nº 09/2003. Isso pode representar riscos à saúde dos trabalhadores expostos a esses microrganismos.

No ambiente externo também foram observados valores elevados de concentração, o que pode ter ocorrido devido ao armazenamento à céu aberto dos resíduos processados e da movimentação de caminhões, conforme observado durante as amostragens. Além disso, a temperatura e a umidade relativa do ar podem ter exercido influência sobre o comportamento encontrado para os fungos, principalmente no barracão. Portanto, recomenda-se a utilização de luvas e máscaras como equipamentos de proteção individual pelos catadores que trabalham diretamente na segregação e no processamento dos resíduos a fim de reduzir a exposição aos microrganismos estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abelho, M. **Protocolos de microbiologia ambiental**: parte 3 – microbiologia ambiental aplicada. Coimbra: Instituto Politécnico de Coimbra, 2013.
2. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução nº 09, de 16 de janeiro de 2003**. Dispõe sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo.
3. Camacho, I. G. C. **Estudo aerobiológico da cidade do Funchal**: detecção bioquímica dos principais aeroalergénios polínicos. 2007. Tese (Doutoramento) – Universidade da Madeira, Funchal, 2007.
4. Černá, K.; Wittlingerová, Z.; Zimová, M.; Janovský, Z. Methods of sampling airborne fungi in working environments of waste treatment facilities. **International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health**, v. 29, n. 3, p. 493-502, 2016.
5. Companhia Municipal de Trânsito e Urbanização (CMTU). **Londrina recicla em dados**. 2018. Disponível em: <http://www.cmtuld.com.br/index.php/coleta-reciclaivel/londrina-recicla-em-dados.html>. Acesso: 21 de março de 2018.



1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

GRAMADO-RS

12 a 14 de junho de 2018

6. Emygdio, A. P. M. **Identificação de bioaerossóis de origem fúngica na cidade de São Paulo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
7. Fontana, R. T.; Riechel, B.; Freitas, C. W.; Freitas, N. A saúde do trabalhador da reciclagem do resíduo urbano. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 3, n. 2, p. 29-35, 2015.
8. Frankel, M.; Beko, G.; Timm, M.; Gustavsen, S.; Hansen, E. W.; Madsen, A. M. Seasonal variations of indoor microbial exposures and their relation to temperature, relative humidity, and air exchange rate. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, n. 23, p. 8289-8297, 2012.
9. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). **Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável e reutilizável**. Brasília: IPEA, 2013.
10. Lavoie, J.; Dunkerley, C. J.; Kosatsky, T.; Dufresne, A. Exposure to aerosolized bacteria and fungi among collectors of commercial, mixed residential, recyclable and compostable waste. **Science of the Total Environment**, v. 370, p. 23- 28, 2006.
11. Moraes, G. R.; Silva, M. A. da; Carvalho, M. V. de; Santos, J. G. S. dos; Dolinger, E. J. O. von; Brito, D. von D. de. Qualidade do ar interno em uma instituição de ensino superior brasileira. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 305-310, 2010.
12. Nunes, Z das G. **Estudo da qualidade microbiológica do ar de ambientes internos climatizados**. 2005. Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária) – Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005.
13. Pedrosa, D. dos S. F.; Nishiwaki, A. A. M. Resíduos sólidos: uma visão prospectiva a partir da análise histórica da gestão. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. Recife: Editora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014. p. 12-19.
14. Rodrigues, G. L.; Feitosa, M. J. da S.; Silva, G. F. L. da. Cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos e seus benefícios socioambientais: um estudo na Coopecamarest em Serra Talhada – PE. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 18-38, 2015.