

Avaliação de possíveis substituintes ao cloro para uso na sanitização de alimentos orgânicos

RESUMO

Apesar do aumento da procura de alimentos orgânicos que apresentem segurança e qualidade, inúmeras pesquisas demonstram que são comuns os casos de doenças de origem alimentar associados a seu consumo. As contaminações ocorrem principalmente devido a sanitização e armazenagem incorretos. Este processo torna-se ainda mais grave para alimentos que serão consumidos crus, como ocorre com a maioria das hortifrutícolas. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar três produtos que podem ser utilizados na sanitização de alimentos orgânicos, o ácido peracético, hipoclorito e peróxido de hidrogênio, por meio de análises microbiológicas, e avaliar as características sensoriais dos alimentos submetidos à sanitização. O tomate foi o vegetal de escolha para realização das análises, por ser consumido cru na maioria das vezes, além de ser um dos alimentos mais comuns como causador de surtos alimentares. Para as análises microbiológicas foram utilizados métodos preconizados pela RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001, e as análises sensoriais foram realizadas utilizando o método de diferença simples. Foi possível determinar o melhor método de sanitização sem que o mesmo interfira nas características sensoriais do alimento analisado. Observou-se que o peróxido de hidrogênio foi o mais eficiente entre os três sanitizantes analisados, apresentando uma possibilidade de utilização como um sanitizante que não ofereça risco a saúde, que não possua custo elevado e que não deixa resíduos no produto. Nas análises sensoriais não foi observada diferença de aroma e sabor no alimento sanitizado com peróxido de hidrogênio, assim como não foi observada diferença na análise de cor.

PALAVRAS-CHAVE: Sanitização. Alimentos orgânicos. Tomate. Contaminação microbiana, Peróxido de hidrogênio.

Natália Notto Serena

natalia_serena@hotmail.com

orcid.org/0000-0002-4504-7289

Faculdades Pequeno Príncipe, Curitiba, Paraná, Brasil.

Rossana Catie Bueno de Godoy

catie.godoy@gmail.com

orcid.org/0000-0002-1097-4445

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa Floresta, Colombo, Paraná, Brasil

Maria Rosa Machado Prado

mrosaprado@hotmail.com

orcid.org/0000-0002-9795-3777

Faculdades Pequeno Príncipe, Curitiba, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

Desde a década de 90, as vendas de alimentos orgânicos têm aumentado aproximadamente 20% ao ano na Europa e na América do Norte. (STRACKE et al., 2009). De 2000 a 2017, a área agricultável mundial destinada a cultivos orgânicos aumentou 365%, quase 10% ao ano. Em termos absolutos, a agricultura orgânica saltou de 15 milhões de hectares de terras para 69,8 milhões de hectares nesse período (LIMA et al., 2020).

O Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO). A partir dessa fonte, registraram-se mais de 17 mil produtores e de 22 mil unidades de produção orgânica em 2018. Constata-se um crescimento médio anual de 19% de unidades de produção orgânica, entre 2010 e 2018, e um aumento médio anual de quase 17% do número de produtores orgânicos registrados no Mapa nos últimos sete anos no país. Assim, se calcula que a área agrícola ocupada pela produção orgânica no Brasil, em 2017, ultrapassou 1,13 milhão de hectares (representando 0,4% da área agricultável brasileira) com mais de 15 mil produtores (LIMA et al., 2020). O setor faturou R\$ 4 bilhões em 2018, segundo o Conselho Brasileiro da Produção Orgânica e Sustentável (Organis), que reúne cerca de 60 empresas. Até abril de 2002, eram mais de 21,8 mil registros no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (MAPA, 2020).

Segundo os autores Winter e Davis (2006) as principais razões pelas quais os consumidores compram alimentos orgânicos são para evitar agrotóxicos (70%), por serem frescos (68%), para saúde e nutrição (67%) e para evitar alimentos geneticamente modificados (55%). De acordo com Hemmerling et al. (2016), os consumidores passaram a questionar a origem, modos de produção e a natureza dos alimentos que consomem, e, para Stolz et al. (2011), esses consumidores relacionam "preço mais alto com maior qualidade", indicando que consumidores regulares de orgânicos são menos sensíveis ao preço. Ainda, os consumidores acreditam que os alimentos orgânicos são mais saudáveis do que os convencionalmente produzidos (VELIMIROV, 2009), que trazem mais benefícios para a saúde, como segurança, qualidade, sabor e frescor, e ainda, que o consumo contribui para o desenvolvimento da agricultura sustentável (ESCOBAR-LÓPEZ, 2016).

No Brasil, o decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007 define alimentos orgânicos como aqueles obtidos de sistema orgânico de produção agropecuária, ou oriundo de processo extrativista sustentável e não prejudicial ao ecossistema. Devem ser certificados pelo Ministério da Agricultura para comercialização, com exceção de produtores familiares, participantes de organizações de controle social cadastrados no MAPA, que apenas vendem diretamente aos consumidores (BRASIL, 2007).

O sistema de produção orgânico baseia-se na mínima utilização de insumos não agrícolas. Os alimentos orgânicos devem ser produzidos sem o uso de agrotóxicos, radiação, hormônios, e demais produtos considerados nocivos a saúde humana (LIMA e SOUZA, 2011). Para manter a qualidade do solo, utiliza técnicas como de rotação de cultura, bem como faz uso de excrementos de animais e plantas como adubo e controle biológico de praga (WINTER e DAVIS, 2006), fatores que acabam favorecendo a contaminação desses alimentos por patógenos, que podem vencer as barreiras de proteção do alimento (casca, epiderme), tornando esses alimentos sujeitos a deterioração, e facilitando o desenvolvimento de doenças de origem alimentar no consumidor (MEIRELES et al., 2016).

Apesar dos benefícios dos produtos orgânicos, eles estão mais expostos à contaminação microbiológica, se comparados aos produtos convencionais. Isso ocorre, pois os fertilizantes orgânicos são produzidos a partir de esterco, que abriga patógenos, como a *Salmonella sp.*, *Listeria monocytogenes* e *Escherichia coli* O157:H7 (MAFFEI et al., 2012). Por essa razão, países como Canadá e Estados Unidos não permitem a utilização de esterco como fertilizante (HOOGENBOOM et al., 2008).

A contaminação dos produtos depende de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os intrínsecos se relacionam às características próprias do alimento, como a atividade de água, o pH, o potencial de oxido-redução, a composição química, os fatores antimicrobianos naturais e as interações entre os microorganismos presentes no alimento. Os fatores extrínsecos são a umidade, a temperatura ambiental, e também a composição química da atmosfera que envolve o alimento (FRANCO e LANDGRAF, 2003). Pode ainda ocorrer a contaminação cruzada, onde um pequeno lote de produto contaminado pode ser responsável pela contaminação de um grande lote. (LÓPEZ-GALVEZ et al., 2010).

A *Salmonella sp.* e a *E. coli* são os microorganismos que mais frequentemente causam os surtos de doenças. (BILEK e TURANTAS, 2013; OILAMAT e HOLEY, 2012). Nos Estados Unidos, em 1997, a *Salmonella* foi responsável por 1.342.000 casos de infecções alimentares, e a *E. coli* por 79.000 (GAVA et al., 2008). No Brasil, de 2000 a 2017, a *Salmonella* e a *E. coli* foram os dois agentes etiológicos mais identificados em surtos de doenças de origem alimentar (BRASIL, 2018). Na última década, as frutas e os vegetais passaram a chamar atenção como transmissores de doenças alimentares. Nos Estados Unidos em 2006 e 2010, cerca de 2288 indivíduos foram contaminados com *Escherichia coli* e *Salmonella sp.*, isolados de frutas e vegetais, onde 3 foram a óbito (BILEK e TURANTAS, 2013). É possível observar então que a crescente demanda pelos produtos orgânicos no cenário mundial atual caminha junto com os surtos de doenças transmitidas por alimentos. Várias bactérias patogênicas são associadas, como a *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* O157: H7 e *Salmonella spp.*, além de alguns vírus (norovírus e hepatite A) e até protozoários (*Cryptosporidium parvum*) (MEIRELES et al., 2016).

Apesar de tantos microorganismos patogênicos estarem ligados aos produtos orgânicos, a *Salmonella sp.* e a *E. coli* são os que mais frequentemente causam os surtos de doenças (BILEK e TURANTAS, 2013; OILAMAT e HOLEY, 2012). Segundo a RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001, a *Salmonella* não possui concentração segura nos alimentos, e a *E. coli* possui um limite para presença de 102 UFC/g.

Para evitar problemas com contaminação, a sanitização é a etapa mais crítica no processamento de legumes frescos, afetando a qualidade, segurança e vida útil do produto final. O tipo de lavagem para desinfecção deve seguir os passos preconizados pela ANVISA, que é a lavagem tripla, na qual o produto é pré-lavado num tanque primário, seguido por uma lavagem sanitizante em um segundo tanque. Posteriormente é feito um enxague com água limpa, para retirar resquícios do sanitizante utilizado (PALMA-SALGADO et al., 2014).

A etapa de lavagem depende da espécie e concentração do organismo a ser destruído, concentração do agente sanitizante, tempo de contato do produto com o vegetal, características químicas e físicas da água e do grau de dispersão do sanitizante na água (MEYER, 1994). Nesta etapa de beneficiamento, os reagentes mais utilizados são produtos a base de cloro, que apresentam um baixo custo e

boa eficácia. Todavia, estudos indicam que estes produtos são prejudiciais à saúde, pois quando entram em contato com a matéria orgânica reagem, formando subprodutos organoclorados, considerados carcinogênicos, mutagênicos, teratogênicos ou tóxicos como trihalometanos (THMs) e haloacéticos (ALVARO et al., 2009; LOAN et al., 2016). Para evitar esses efeitos indesejados, em países desenvolvidos a utilização do cloro como sanitizante para alimentos orgânicos já é proibida (SÃO JOSE e VANETTI, 2012).

Uma alternativa seria o uso de outro sanitizante, como o peróxido de hidrogênio e o ácido peracético. O ácido peracético, no entanto, não forma subprodutos e não possui eficácia afetada pela matéria orgânica, assim como o peróxido de hidrogênio, que além desses fatores ainda apresenta baixo custo e fácil acessibilidade (ÖLMEZ e KRETZSHMAR, 2009).

Os três sanitizantes tiveram sua eficácia testada, a fim de propor a substituição do cloro sem afetar a capacidade de sanitização. Para isso, foram realizadas análises microbiológicas de contagem de microorganismos, após a realização de lavagens com cloro, ácido peracético e peróxido de hidrogênio. Dos três, escolheu-se o que apresentava mais vantagens para dar prosseguimento com a análise sensorial e análise de cor.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL

Foi utilizado tomate orgânico maduro do tipo italiano, adquirido fresco no Mercado Municipal de Curitiba. Como sanitizantes foram utilizados o ácido peroxiacético (ácido peracético) 6%, peróxido de hidrogênio 5% e hipoclorito 5%.

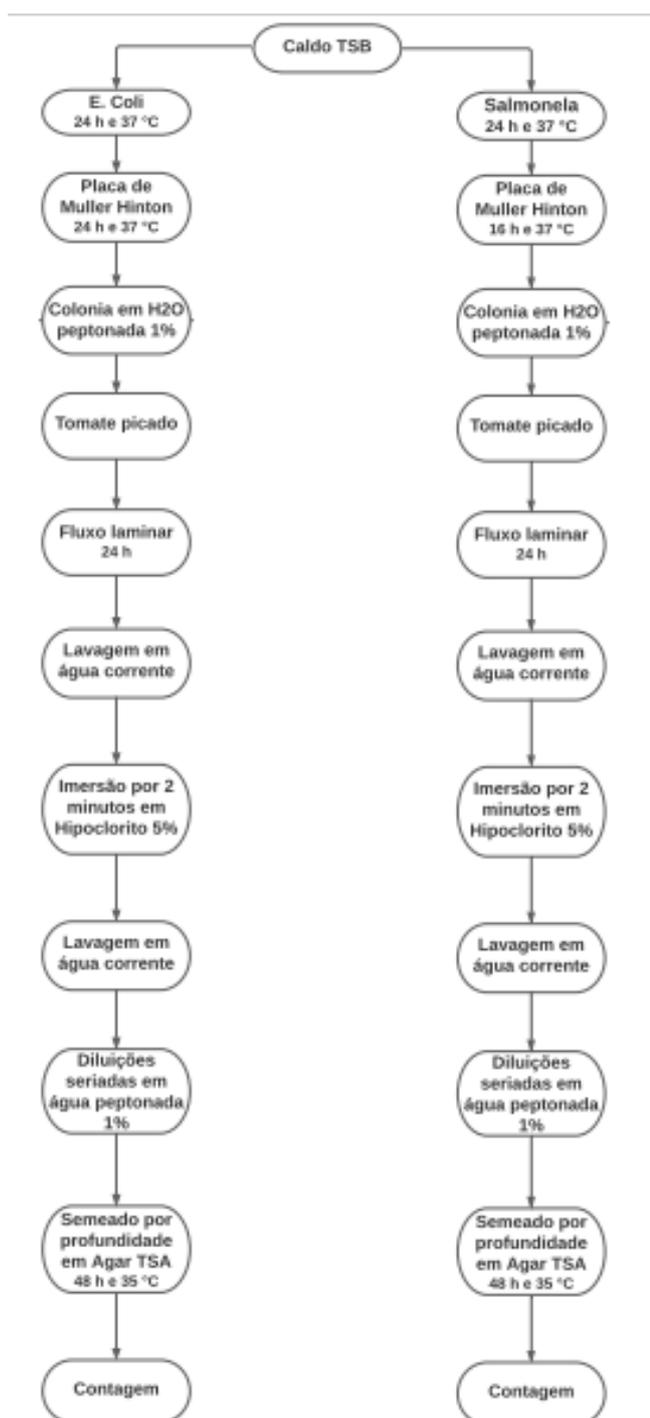
MÉTODOS

Constitui-se de uma pesquisa com abordagem quantitativa. As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório das Faculdades Pequeno Príncipe, e o teste sensorial foi realizado na sala de Análise Sensorial da Planta Piloto da Embrapa Florestas, na cidade de Colombo – PR, após aprovação no Comitê de Ética

em Pesquisa (CEP), conforme a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2012) (parecer de aprovação número 2.087.169).

O fluxograma (Figura 1) detalha as etapas da metodologia, as quais estão descritas nos tópicos a seguir. Todas as etapas foram realizadas em triplicata.

Figura 1 – Fluxograma das etapas da metodologia



Preparo do inóculo

Foi preparado um inóculo com concentração conhecida de *Escherichia coli* e *Salmonella sp*, seguindo a escala de McFarland. O inóculo foi preparado com *E. coli* de estirpe não patogênica, ATCC 25922. As culturas foram feitas em caldo de soja triptona (TSB), por 24 horas a 37 °C (PALMA-SALGADO et al., 2014). Após esse período, semeou-se em placa de Agar Mueller Hinton, para facilitar o crescimento das bactérias. As placas ficaram incubadas em estufa por 24 horas a 37 °C (SILVA et al. 2017).

O inóculo de *Salmonella sp* foi preparado a partir de cepa ATCC 14028, cultivadas em caldo de soja triptona a 37 °C durante 16 horas, até atingir população desejada de bactérias. Procedeu-se então, da mesma forma que o inóculo de *E. coli* (SÃO JOSE e VANETTI, 2012).

Inoculação do vegetal

O vegetal foi inoculado em triplicata na suspensão de *E. coli* e seco por 24 horas em fluxo laminar, para permitir a aderência das células e evitar contaminações indesejadas (PALMA-SALGADO et al, 2014). Da mesma forma procedeu-se com a suspensão de *Salmonella sp* (SÃO JOSE e VANETTI, 2012). A casca do tomate foi o alvo da contaminação.

Preparo dos sanitizantes

O hipoclorito foi preparado em uma concentração de 6%, o peróxido de hidrogênio a 5% e o ácido peracético a 5%, diluindo-se em água destilada. (PALMA-SALGADO et al., 2014).

Lavagem

O vegetal inoculado foi lavado seguindo passos da lavagem tripla recomendada pela literatura. Foi lavado primeiramente em torneira de vazão aproximada de 15,6 litros por minuto, com o auxílio de uma esponja. Em seguida, foi imerso em um recipiente contendo o sanitizante, onde permaneceu por 2 minutos (PALMA-SALGADO et al., 2014). Depois, foi lavado em água corrente e seco em temperatura ambiente (ALVARO et al., 2009). Além das inoculações dos tomates contaminados e sanitizados com hipoclorito, peróxido de hidrogênio e ácido peracético, foi realizada uma inoculação controle, onde o tomate

contaminado foi lavado apenas com água, seguindo o mesmo processo de lavagem tripla.

Após a lavagem, foi feita diluição em série com água peptonada 0,1%, seguida de inoculação das alíquotas por 48 horas a 35 °C (WALTER et al., 2009), em placas Agar Triptona de Soja (TSA), semeadas por profundidade (SILVA et al., 2017), e realizada a contagem.

Análise de Cor

O atributo “cor” foi avaliado por análise instrumental, visto que cor é um atributo subjetivo, e que muda de tomate para tomate naturalmente. Para realização da análise, cada tomate foi sanitizado com água e então foi realizada a medição com o colorímetro nas três posições. Em seguida, o mesmo tomate foi sanitizado com o produto selecionado para eficiência no controle microbiológico. Assim foi possível comparar a cor do mesmo tomate antes e após a sanitização.

Foi utilizado o aparelho colorímetro CR400, da marca Minolta, e as análises foram realizadas em triplicata. As medidas de cores foram realizadas em três posições no tomate: topo, lateral direita e lateral esquerda. As análises estatísticas para avaliação de cor foram efetuadas com uso do teste Anova, com intervalos de confiança de 95% para as variáveis em função dos tratamentos.

Análise Sensorial

Participaram do teste sensorial provadores treinados que já atuam com avaliação sensorial na Embrapa Florestas, no total de 13 provadores. Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Todos os provadores são maiores de 18 anos, funcionários da empresa de pesquisa, sem problemas de saúde ou restrições alimentares.

Foi realizada análise sensorial comparando dois grupos de produtos alimentícios. O grupo 1 foi considerado o grupo controle (sem o uso de sanitizantes, apenas lavado com água corrente) e o grupo 2 foi submetido a sanitização (seguindo as etapas da lavagem tripla). Foram utilizados os produtos alimentícios que foram aprovados por controle de qualidade microbiológico.

Foi utilizado grupo controle (sem sanitizantes) para obter uma resposta em termos de avaliação sensorial, comparando-se com o produto isento de produtos. Assim, se obtém maior segurança em indicar o produto sem alteração sensorial.

Para esta análise sensorial foi utilizado o teste de diferença simples para avaliação de aroma e sabor. Para a avaliação, seguiu-se a ordem de balanceamento AA, BB, AB e BA, sendo “A” tomate controle e “B” tomate sanitizado. A ordem de balanceamento indicada por Ferreira et al., (2000) foi aplicada para evitar erros durante a análise como erro de tendência central, erro temporal e posicional.

Os resultados foram analisados segundo o número de total de respostas e o número de respostas corretas. O total de respostas foi verificado em tabela específica para o teste triangular para verificar a significância dos resultados (FERREIRA et al., 2000).

A equipe em número de 13 participantes que participou do teste foi treinada pelos pesquisadores para os atributos avaliados. Cada provador repetiu 4 vezes o teste da hortaliça, seguindo ordem balanceada. As amostras foram codificadas. Houve uma sessão de orientação. Para obter o resultado da análise, foi comparado o número de respostas “diferentes” dos pares de amostras iguais (AA, BB), com as dos pares diferentes, com auxílio do teste estatístico qui-quadrado.

Análise estatística

Após compilados, os dados obtidos foram analisados por meio de teste Anova e Tukey 5%, apresentados em gráficos e tabelas elaboradas no programa EXCEL, do Microsoft Office 2007.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Após a realização das análises microbiológicas descritas na metodologia, foi possível determinar entre os três sanitizantes (peróxido de hidrogênio, ácido peracético e hipoclorito) o mais eficaz na sanitização do alimento. O sanitizante de escolha foi o utilizado para realizar a análise sensorial.

Os resultados da contagem de cada diluição do tomate sanitizado, estão expressos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Resultados para contaminação do tomate com *Salmonella sp.*

Tratamento	Diluições (UFC/g)			
	0,1	0,01	0,001	0,0001
Hipoclorito 60mg/L	$6,2 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-3}$	$2,37 \times 10^{-3}$	$3,76 \times 10^{-5}$
Peróxido de Hidrogênio 5%	$1,35 \times 10^{-3}$	$3,27 \times 10^{-3}$	$2,33 \times 10^{-3}$	0
Ácido Peracético 5%	$9,2 \times 10^{-2}$	$4,16 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$	2×10^{-4}
Controle	$3,22 \times 10^{-3}$	$2,10 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$	3×10^{-4}

Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

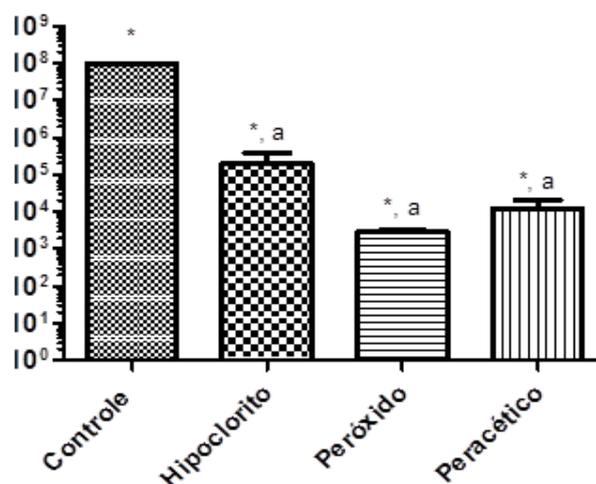
Tabela 2 - Resultados para contaminação do tomate com *Escherichia coli*

Tratamento	Diluições (UFC/g)			
	0,1	0,01	0,001	0,0001
Hipoclorito 60mg/L	$2,15 \times 10^{-3}$	$2,09 \times 10^{-3}$	$1,48 \times 10^{-4}$	$6,6 \times 10^{-5}$
Peróxido de Hidrogênio 5%	$7,47 \times 10^{-3}$	$1,68 \times 10^{-4}$	$2,34 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-5}$
Ácido Peracético 5%	$1,52 \times 10^{-3}$	$1,04 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-3}$	$2,33 \times 10^{-4}$
Controle	$1,98 \times 10^{-3}$	4×10^{-2}	$1,12 \times 10^{-5}$	5×10^{-4}

Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística, e são apresentados nos gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 - Eficácia dos sanitizantes para a *Salmonella sp.*

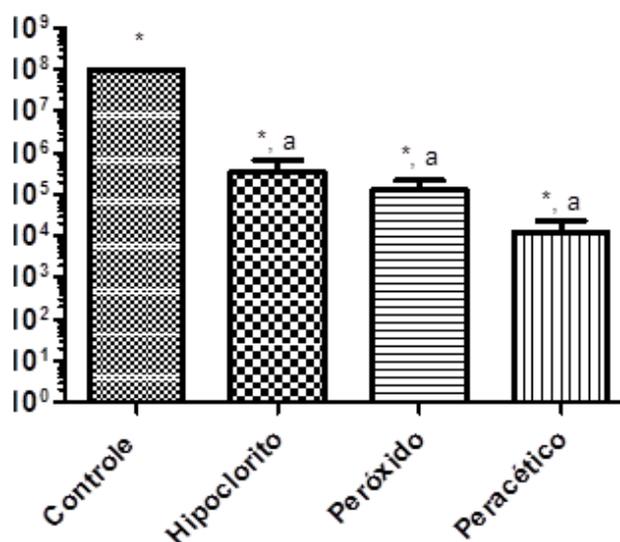


Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

No gráfico, pode-se observar que quanto menor a barra maior a eficácia do sanitizante. Segundo a estatística, apenas houve diferença significativa dos

sanitizantes quando comparados ao controle com água (colunas a não apresentaram diferença significativa em termos microbiológicos).

Gráfico 2 - Eficácia dos sanitizantes para *Escherichia coli*.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

Da mesma forma como no gráfico 1, no gráfico 2 quanto menor a barra maior a eficácia do sanitizante. Assim como ocorreu nos tomates infectados com a *Salmonella sp.*, nos infectados com *E. coli* não houve diferença significativa dos três sanitizantes entre si (colunas a). No entanto, ao se comparar os vegetais sanitizados com o controle (lavagem com água), houve uma diferença de 5%.

Em ambos os casos, não houve diferença estatística significativa entre os três sanitizantes, indicando a possibilidade de substituição do sanitizante a base de cloro por qualquer um dos outros analisados (peróxido de hidrogênio e ácido peracético). Assim sendo, a escolha do sanitizante para seguir e ser avaliado na análise sensorial e análise de cor foi baseada em outros parâmetros. Foi levado em conta a toxicidade de cada sanitizante, tanto ao meio ambiente quanto para a saúde do consumidor, além de custo de mercado de cada um e facilidade do produtor encontrá-lo e utilizá-lo.

O hipoclorito, apesar de possuir o menor custo entre os três sanitizantes, não deveria ser o sanitizante de escolha dos produtores. Sabe-se, de acordo com

a literatura, que esses produtos à base de cloro, como o hipoclorito, vêm causando preocupação devido a serem precursores da formação de cloraminas orgânicas. Esses subprodutos são formados após ocorrer a reação com a matéria orgânica, e são prejudiciais à saúde, pelo seu alto potencial carcinogênico (SREBERNICH, 2007). Ainda, se liberado no meio ambiente, segundo a FISPQ, o hipoclorito afeta rios e cursos d'água por alteração do pH e ação do cloro ativo (GIL et al., 2009; ALVARO et al., 2009 FISPQ, 2017).

O ácido peracético é uma boa opção de sanitizante. Este ácido foi regulamentado pela RDC nº2, de 08 de janeiro de 2004, da ANVISA, para uso como sanitizante. Apresenta boa capacidade de oxidação dos componentes celulares dos microrganismos, tendo uma rápida ação a baixas concentrações sobre um amplo espectro de microrganismos (SREBERNICH, 2007).

Apesar de não ser prejudicial à saúde humana, foi descartado como sanitizante de escolha. Quando descartado no meio ambiente se decompõe em água, oxigênio e ácido acético. Segundo a FISPQ do ácido acético, quando disposto no meio ambiente em quantidades significativas pode causar mortalidade de espécies aquáticas, quando depositado na atmosfera pode causar incômodo ao bem estar público, além de ser inflamável (FISPQ, 2017).

O sanitizante de escolha como o mais eficaz para a realização de análise sensorial e análise de cor foi o peróxido de hidrogênio. A principal razão é a facilidade de ser encontrado (facilitando para produtores, por exemplo) e apresentar baixo custo de mercado. Ainda, não apresenta problemas com relação a reação com matéria orgânica e resíduos. Segundo Moda, et al. (2005), o peróxido de hidrogênio tem elevado poder bactericida e é de fácil aplicação. Embora seu mecanismo de ação não esteja totalmente elucidado até o momento, acredita-se que esteja envolvido na oxidação de grupos sulfidrílicos das proteínas microbianas.

O peróxido de hidrogênio, quando convertido em radicais hidroxilas altamente reativos, pode degradar DNA, proteínas, polissacarídeos e lipídios (MODA et al., 2005). Assim, a escolha do sanitizante utilizado para dar continuidade às análises se deu com base na revisão de literatura realizada, na facilidade em encontrar comercialmente o sanitizante, no efeito à saúde do consumidor em longo prazo e impacto ambiental do resíduo. Foi realizada análise

de cor para verificar o efeito do peróxido nos tomates, e análise sensorial para verificar a influência do produto na percepção dos consumidores.

Análise de cor

Os dados da análise de cor realizada em triplicata encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 - Resultado análise de cor.

Tratamento	L	a*	b*
Hipoclorito 60mg/L	36,59±1,46 ^{ns}	20,97±3,98 ^{ns}	2,92±3,09 ^{ns}
Peróxido de Hidrogênio 5%	37,25±1,33 ^{ns}	20,32±3,96 ^{ns}	2,05±3,18 ^{ns}

Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

Conforme a tabela, tratamento 1 corresponde ao controle (tomate sanitizado apenas com água) e tratamento 2 corresponde ao tomate sanitizado com peróxido de hidrogênio. O valor do teste F para L (luminosidade) foi de 0,4272 ($p=0,523ns$), ou seja, não houve significância estatística, os tratamentos não diferem entre si. O mesmo caso ocorreu para a* (intensidade de vermelho) $F=0,0521$ ($p=0,8224$) e para b* (intensidade de amarelo) $F=0,1493$ ($p=0,7043$).

O resultado de diferença não significativa entre tomate sanitizado e tomate controle indica que o peróxido de hidrogênio não afeta o tomate neste quesito. Esse fator é importante, pois segundo Vandekinderen et al. (2008), a cor de um produto alimentar deve ser o mais parecido com o fresco possível, se apresentando como um importante atributo para o consumidor avaliar a qualidade do produto.

Análise sensorial

A análise sensorial contou com a participação de 13 provadores treinados, cada uma avaliando quatro vezes, num total de 52 respostas, como está representado na figura 2. Dos participantes, 64% são do sexo feminino, 86% estão na faixa etária de 30 a 59 anos e nenhum possuía alergia ao tomate, segundo questionário sociodemográfico aplicado.

As respostas obtidas foram compiladas nas tabelas 4 e 5, onde A se refere a tomate controle e B ao tomate sanitizado.

Tabela 4 - Aroma

Respostas	Pares iguais (AA e BB)	Pares diferentes (AB e BA)	Total
Iguais	14	18	32
Diferentes	12	8	20
Total	26	26	52

Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

Figura 2 - Disposição dos tomates para análise sensorial.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2017)

Os participantes poderiam optar se as amostras que receberam eram iguais ou diferentes. De acordo com a tabela 5, 14 respostas “iguais” foram marcadas quando as amostras eram iguais (AA e BB); e 18 respostas “iguais” foram para amostras que eram diferentes (AB e BA). Ainda, foram obtidas 12 respostas “diferentes” para amostras iguais (AA e BB), e 8 respostas “diferentes” foram obtidas para amostras diferentes (AB e BA).

A partir dos valores da tabela, o teste de qui-quadrado (χ^2) foi aplicado.

$$\chi^2 = \sum (O-E)^2/E$$

Equação 1

Onde:

O_{ij}= número observado

E_{ij}= número esperado

Número esperado (respostas iguais quando pares iguais): $E = 32 \times 26 / 52 = 16$

Número esperado (respostas diferentes para pares diferentes): $E = 20 \times 26 / 52 = 10$.

Aplicando na fórmula:

$$\chi^2 = (14-16)^2/16 + (18-16)^2/16 + (12-10)^2/10 + (8-10)^2/10 = 1,3.$$

Tabela 5 - Sabor

Respostas	Pares iguais (AA e BB)	Pares diferentes (AB e BA)	Total
Iguais	15	9	24
Diferentes	11	17	28
Total	26	26	52

Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

Para o sabor, conforme tabela 5, obteve-se 15 respostas “iguais” para amostras iguais (AA, BB), e 9 respostas “iguais” para amostras diferentes (AB, BA). Foram obtidas 11 respostas “diferentes para amostras iguais (AA, BB), e 8 respostas “diferentes” foram obtidas para amostras diferentes (AB,BA).

Assim como para aroma, o teste de qui-quadrado (χ^2) foi aplicado.

$$\chi^2 = \sum (O-E)^2/ET \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Oij: número observado

Eij: número esperado

Número esperado (respostas iguais para pares iguais): $E = 24 \times 16 / 52 = 12$

Número esperado (respostas diferentes para pares diferentes): $E = 28 \times 26 / 52 = 14$.

Aplicando na fórmula:

$$\chi^2 = (15-12)^2/12 + (9-12)^2/12 + (11-14)^2/14 + (17-14)^2/14 = 2,78.$$

Para avaliar os resultados obtidos pela fórmula, eles foram comparados com os valores da tabela 6, adaptada de Ferreira et al., (2000).

Tabela 6 - Valores críticos de qui-quadrado (χ^2)

Graus de Liberdade (%)	10	5	2,50	1	0,50
1	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2	4,61	5,99	7,38	9,21	10,6
3	6,25	7,81	9,35	11,3	12,8
4	7,78	9,49	11,1	13,3	14,9
5	9,24	11,1	12,8	15,1	16,7
6	10,6	12,6	14,4	16,8	18,5
7	12	14,1	16	18,5	20,3
8	13,4	15,5	17,5	20,1	22
9	14,7	16,9	19	21,7	23,6
10	16	18,3	20,5	23,2	25,2

Fonte: adaptada de FERREIRA et al., 2000.

Para o grau de liberdade 1 (definido segundo a fórmula: n° de amostras menos 1) e nível de significância 5%, segundo tabela 8, os valores devem estar abaixo de 3,84 para não apresentarem diferença significativa. Conforme demonstrado, os valores obtidos para aroma e sabor através das respostas da análise sensorial foram 1,3 e 2,78, respectivamente. Isso indica que não houve diferença significativa entre aroma e sabor do tomate sanitizado com peróxido de hidrogênio se comparado ao controle.

Para os participantes não há diferença em se consumir tomate sanitizado com peróxido de hidrogênio ou sem, indicando que o peróxido não compromete as qualidades sensoriais do tomate, e sugere-se que seria bem aceito pelos consumidores se adotado como sanitizante de escolha.

CONCLUSÃO

Foi constatado através das análises que o peróxido de hidrogênio pode ser considerado um bom substituto ao cloro no uso para sanitização de alimentos orgânicos. Na análise sensorial foi observado que ele não causa alterações sensoriais para o consumidor de tomate. Também não altera a cor do produto. Além disso, nas análises microbiológicas apresentou eficiência na remoção dos microrganismos estudados.

Para próximas pesquisas, sugere-se a realização de análise sensorial utilizando o ácido peracético como sanitizante, sendo assim possível a indicação como outro substituinte ao cloro.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Embrapa Florestas pelo apoio financeiro e disponibilização dos laboratórios, e a Faculdades Pequeno Príncipe pelo apoio e disponibilização dos laboratórios durante a realização do trabalho.

Evaluation of possible chlorine substitutes for use in sanitizing organic foods

ABSTRACT

There is currently an increase in the demand for organic food that presents safety and quality. Numerous research has shown that cases of food-borne illnesses associated with the use of organic foods that have not been correctly sanitized and stored are common. This process becomes even more serious for foods that will be consumed raw, as with most fruit and vegetable crops. The present project aims to characterize the methods used in the sanitization of organic foods by means of microbiological analyzes and to evaluate the sensorial characteristics of the food submitted to sanitization. The tomato was the vegetable of choice for the analysis, because it is consumed raw most of the time, besides being one of the most common foods as the cause of food outbreaks. For the microbiological analyzes, methods recommended by the Legislation will be used, and the sensorial analyzes were performed by simple difference method. With this research it was possible to determine the best sanitization method without interfering with the sensory characteristics of the food analyzed. It was observed that hydrogen peroxide was the most efficient among the three sanitizers analyzed, evaluating the possibility of using a sanitizer that does not pose a health risk, does not have a high cost and does not leave residues in the product. In the sensorial analyzes no differences in flavor and flavor were observed in the food sanitized with hydrogen peroxide, nor was there any difference in the color analysis.

KEYWORDS: Sanitation. Organic food. Tomato. Microbial contamination.

REFERÊNCIAS

- ALVARO, J. E. et al. Effects of peracetic acid disinfectant on the postharvest of some fresh vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 95, p. 11–15, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.05.003>
- BILEK, S. E.; TURANTAS, F. Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry, a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 166, p. 155–162, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.028>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Orgânicos. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos>> Acesso em: 19 nov. 2019.
- BRASIL. Surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. 2018. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/janeiro/17/Apresentacao-Surtos-DTA-2018.pdf>> Acesso em: 19 ago. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n°46, de 6 de outubro de 2011, Gabinete do Ministro. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-46-de-06-de-outubro-de-2011-producao-vegetal-e-animal-regulada-pela-in-17-2014.pdf/view>> Acesso em: 31 dez.2020.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA. Resolução n° 2 de 08 de janeiro de 2004. Aprova o uso do ácido peracético como coadjuvante de tecnologia na função de agente de controle de microorganismos na lavagem de ovos, carcaças e ou partes de animais de açougue, peixes e crustáceos e hortifrutícolas em quantidade suficiente para obter o efeito desejado, sem deixar resíduos no produto final. **Diário Oficial da União**, 09 de janeiro de 2004. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/417095/pg-28-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-09-01-2004>> Acesso em:31 dez. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n° 6.323, de 27 de dezembro de 2007, que regulamenta a lei n° 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre agricultura orgânica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 27 de dezembro de 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/decreto/d6323.htm> Acesso em: 31 dez. 2020.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA. Resolução n° 12 de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**. Disponível em: http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html> Acesso em: 31 dez. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. RESOLUÇÃO Nº 466, 12 de dezembro de 2012.
Disponível em: <
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html
> Acesso em: 31 dez. 2020.

ESCOBAR-LÓPEZ, S. et al. The consumer of food products in organic markets of central Mexico. **British Food Journal**, v. 119, n. 3, p. 558-574, 2017.
<https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2016-0321>

FERREIRA, V.L.P.; et al. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**.
Campinas: SBCTA, 2000.

FISPQ ácido acético. Disponível em:
<<http://www.higieneocupacional.com.br/download/acetico-brazmo.pdf>> Acesso em 28 set. 2017.

FISPQ Hipoclorito. Disponível em:
<<http://www.hcrp.fmrp.usp.br/sitehc/fispq/Hipoclorito%20de%20S%F3dio.pdf>>
Acesso em: 09 out. 2017.

FRANCO, B. D. G.de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. 2 ed.
Editora Atheneu. São Paulo: 2003.

GAVA, A. J., et al. **Tecnologia de Alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

GIL, M. I. et al. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. **International Journal of Food Microbiology**, v. 134, p. 37–45, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.05.021>

HEMMERLING, S. et al. Preference of naturalness of European organic consumers: first evidence of an attitude-liking gap. **British Food Journal**, v. 118, n. 9, p. 2287-2307. 2016. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2015-0457>

HOOGENBOOM, L. A. P. et. al. Contaminants and microorganisms in Dutch organic food products: a comparison with conventional products. **Food Additives and Contaminants**, v. 25, n. 10, p. 1195–1207, 2008.
<https://doi.org/10.1080/02652030802014930>

LIMA, S. K. et al. **Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil**. Texto para Discussão. Brasília: IPEA, 2020, 52p.
Disponível:<https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2538.pdf>. Acesso em 14 ago. 20.

LIMA, E. L. de; SOUSA, A. A. de. Alimentos orgânicos na produção de refeições escolares: limites e possibilidades em uma escola pública em Florianópolis. **Revista de nutrição**. v. 24, n. 2, p. 263 – 273, 2011.
<https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000200007>

LÓPEZ-GALVEZ, F. et al. Cross-contamination of fresh-cut lettuce after a short-term exposure during pre-washing cannot be controlled after subsequent washing

with chlorine dioxide or sodium hypochlorite. **Food Microbiology**, v. 27, p. 199–204, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.09.009>

MAFFEI, D. F. et al. Microbiological quality of organic and conventional vegetables sold in Brazil. **Food Control**, v. 29, p. 226-230, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.06.013>

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. "Tá no Mapa" traz informações sobre setor de produtos orgânicos no Brasil. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ta-no-mapa-traz-informacoes-sobre-setor-de-produtos-organicos-no-brasil>> Acesso em 14 ago. 2020.

MEIRELES, A. et al. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry. **Food Research International**, v. 82, p. 71–85, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.021>

MEYER, S. T. **O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública**. Secretaria do Meio Ambiente Ciência e Tecnologia do Distrito Federal. Instituto de Ecologia e Meio Ambiente. Brasil, 1994. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X1994000100011>

MODA, M. E. et al. Uso de peróxido de hidrogênio e ácido cítrico na conservação de cogumelo *Pleurotus sajor-caju in natura*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 291-296, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000200019>

OILAMAT, A.N.; HOLLEY, R.A. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: A review. **Food Microbiology**, v. 32, p. 1-19, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.04.016>

ÖLMEZ, H.; KRETZSHMAR, U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 686–693, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.001>

PALMA-SALGADO, S.; et al. Whole-head washing, prior to cutting, provides sanitization advantages for fresh-cut Iceberg lettuce (*Latuca sativa L.*). **International Journal of Food Microbiology**, v. 179, p. 18–23, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.03.018>

SAO JOSE, J. F. B; VANETTI, M. C. D. Effect of ultrasound and commercial sanitizers in removing natural contaminants and *Salmonella enterica typhimurium* on cherry tomatoes. **Food Control**, v. 24, p. 95-99, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.09.008>

SILVA, N. da. et al. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos e água**. 5 ed. São Paulo: Blucher, 2019.

STRACKE, B. A. et al. Bioavailability and nutritional effects of carotenoids from organically and conventionally produced carrots in healthy men. **British Journal of**

Nutrition, v. 101, p. 1664–1672, 2009.

<https://doi.org/10.1017/S0007114508116269>

SREBERNICH, S.M. Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos do hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro-verde minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 744-750, 2007.

<https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000400012>

STOLZ, H. et al. Preferences and determinants for organic, conventional and conventional-plus products – The case of occasional organic consumers. **Food Quality and Preference**, v. 22, p. 772–779, 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.06.011>

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Rev. Inst. Latic Cândido Tostes**, v. 366, p. 12-21, 2009.

VELIMIROV, A. et al. Feeding trials in organic food quality and health research. **J Sci Food Agric**, v. 90, p. 175–182, 2009. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3805>

VANDENKINDEREN, I. et al. Effect of Decontamination Agents on the Microbial Population, Sensorial Quality, and Nutrient Content of Grated Carrots (*Daucus carota L.*). **J. Agric. Food Chem.**, v. 56, p. 5723-5731. 2008.

<https://doi.org/10.1021/jf800681a>

WALTER, E. H. M. et al. Efficacy of sodium hypochlorite and peracetic acid in sanitizing green coconuts. **Letters in Applied Microbiology**, v. 49, p. 366–371, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2009.02670.x>

WINTER, C.K.; DAVIS, S.F. Organic Foods. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 9, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00196.x>

Recebido: 03 mar. 2020.

Aprovado: 09 set. 2020.

Publicado: 31 dez. 2020.

DOI: 10.3895/rbta.v14n2.11715

Como citar:

SERENA, N. N.; GODOY, R. C. B.; PRADO, M. R. M. Avaliação de possíveis substituintes ao cloro para uso na sanitização de alimentos orgânicos. **R. bras. Tecnol. Agroindustr.**, Francisco Beltrão, v. 14, n. 2, p. 3359-3379, jul./dez. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Nome completo do autor para correspondência

Maria Rosa Machado Prado

Av. Iguazu, 333, Bairro Rebouças, Curitiba, Paraná, Brasil. CEP: 80230-020

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

