

## Eletroneutralização de agrotóxicos e agentes tóxicos dispersos em água

Charles Adriano Duvoisin<sup>1</sup>, André Pscheidt<sup>2</sup>, Diogo José Horst<sup>3</sup>, Pedro Paulo de Andrade Junior<sup>4</sup>, Rogério de Almeida Vieira<sup>5</sup>

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo principal apresentar um equipamento inovador para eletroneutralização de agrotóxicos e agentes tóxicos contidos em amostras de água. Os ensaios foram realizados utilizando amostras de água submetidas a exposição de cargas elétricas pulsadas de 40 kV/cc. A mudança de pH em relação a temperatura e quantidade de eletrólito comprova a ação eletroneutralizadora do aparato em questão tanto para ambos os meios acidificados quanto causticos.

**Palavras chave:** Agrotóxicos, Armadilha de Elétrons, Descarga de Corona, Eletrólise, Segurança Alimentar.

## Electroneutralization of pesticides and toxic agents dispersed in water

**Abstract:** This work aimed to present an innovative equipment for electroneutralization of pesticides and toxic agents contained in water samples. The tests were performed using water samples subjected to exposure of pulsed electrical charges of 40 kV/cc. The change of pH in relation to temperature and amount of electrolyte proves the electroneutralizing action of the apparatus in question for both acidified and caustic media.

**Key-words:** Pesticides, Electrons Trap, Corona Discharge, Electrolysis, Food Safety.

### 1. Introdução

Os agrotóxicos também conhecidos por defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, biocidas, agroquímicos, fitofarmacêuticos ou fitossanitários têm potencial de produzir alterações graves no solo e no lençol freático (portanto no meio ambiente) e podem também causar agravos à nossa saúde (Carneiro et al., 2015; Lopes & Albuquerque, 2018)

Atualmente existe um forte embate ideológico. De um lado estão os ambientalistas, que entendem que agrotóxicos são prejudiciais, por seu potencial de causar danos aos ecossistemas e à saúde humana. De outro lado os capitalistas, rentistas e latifundiários, que entendem que agrotóxicos são produtos necessários e justificáveis, tendo em vista que aumentam (e muito) a produtividade agrícola, e portanto maximizam lucros (Peres & Moreira, 2003; Vital, 2017).

A importância dos agrotóxicos e pesticidas para o desenvolvimento do agronegócio mundial, vem se tornando a cada dia uma proposição mais fundada e necessária. Contudo, as evidências dos efeitos nocivos dos agrotóxicos contidos nos alimentos e ingeridos pela população mundial, a cada dia também vem se evidenciando pelas comunidades científicas contemporâneas.

A pasteurização térmica garante a segurança e aumenta o prazo de validade dos alimentos (como o leite) no entanto, a exposição ao calor pode modificar os componentes e alterar as propriedades funcionais das proteínas. Isso tem impulsionado o desenvolvimento de técnicas de preservação de alimentos não térmicos, como o processamento de campo elétrico pulsado ou *pulsed electric field* (PEF), principalmente para a inativação de microorganismos de deterioração (Sharma et al., 2014).

O uso de descargas elétricas para inativar microorganismos e enzimas em produtos alimentícios evoluiu desde a década de 1920, do processo de "ElectroPure" (processo de aquecimento ôhmico) para o uso de campos elétricos pulsados de alta intensidade nos anos 90. A inativação não térmica de microorganismos e enzimas usando campos elétricos foram demonstradas na década de 1960 com uma variedade de microorganismos suspensos em sistemas alimentares simulados. Uma variedade de alimentos líquidos e bebidas, incluindo sucos de laranja, maçã e pêssego, sopa de ervilha, ovos batidos e leite desnatado, foram processadas com sucesso durante os anos 80 e 90 por vários grupos de pesquisa (Vega-Mercado et al., 1997).

Vários pesquisadores desenvolveram métodos com o propósito de alterar o pH de líquidos para diversos fins, analisando vários fatores como tensão aplicada, tipo e formato de eletrodos, tempo de exposição entre outros. Algumas pesquisas apresentaram métodos que comprovaram este fato de forma contundente e abriram oportunidades expressivas para o desenvolvimento de novas tecnologias (Grabowski, 2006; Lukes et al., 2008).

Abbas (2013) e Ahmed (2016) apresentaram os efeitos da descarga de corona positiva comprovando a alteração do pH em sistemas de água destilada e da torneira. Os resultados mostram a efetividade do método utilizado de acordo com a tensão elétrica utilizada.

A demanda dos consumidores por alimentos mais frescos, de maior qualidade e mais seguros promoveu pesquisas sobre métodos não alimentares de conservação de alimentos para a inativação de microorganismos e enzimas como uma alternativa aos processos térmicos. Entretanto, a alta resistência de certas enzimas e microorganismos a processos não térmicos, especialmente esporos bacterianos, limita sua aplicação (Raso & Barbosa-Cánovas, 2003).

A aplicação da tecnologia PEF à pasteurização de alimentos é um método não térmico promissor, que pode mudar radicalmente os processos de conservação de alimentos e fornecer aos consumidores produtos frescos, microbiologicamente seguros, minimamente processados (Qin et al., 1996; Qin et al., 1998). O PFE em combinação com o processamento térmico de baixa temperatura pode fornecer reduções comparáveis na carga microbiana, sem efeitos prejudiciais significativos às propriedades sensoriais e físico-químicas dos produtos alimentícios (Buckow et al., 2014).

Microrganismos em alimentos podem ser inativados com campos elétricos pulsados em temperatura ambiente ou refrigerados por um curto tempo de tratamento de menos de um segundo e a qualidade de alimentos frescos são preservados. Durante o processo de PFE, a lise de microorganismos é causada por mudanças estruturais irreversíveis na membrana, levando à formação de poros e à destruição da barreira semipermeável da membrana. Há evidências convincentes de que o aumento de temperatura causado pelo PFE não é o único fator na inativação microbiana. O efeito bactericida do PFE está relacionado com a intensidade do campo elétrico e tempo de tratamento, número de pulsos e largura de pulso. Além disso, a inativação do PFE é uma função do tipo de microrganismo e da fase de crescimento microbiano, tamanho inicial do inóculo, condição de pré-cultura, concentração iônica e condutividade do fluido da suspensão (Wouters & Smelt, 2009).

Com o intuito de se obter a eletroneutralização de agrotóxicos e outros agentes tóxicos contidos em amostras de água foi construído um aparato em escala industrial previamente patenteado (INPI: BR 10 2016 026848-6)/(PCT/BR 2017/050115), Duvoisin, (2016), Duvoisin (2017), Duvoisin et al., (2018), Duvoisin et al., (2019), este aparato se embasa em um sistema de armadilha de elétrons somado a polarização prévia através de ação física eletromagnética.

## 2. Metodologia

Foi tomado por premissa a utilização da padronização dos estudos a serem realizados, neste caso foram utilizadas amostras de águas (eletrólito), pois os agrotóxicos apresentam muitas variáveis, as quais demandariam muito tempo e recursos financeiros para a standartização das variáveis em diferentes amostras de bebidas.

Se pode firmar que os efeitos sobre a água já são de conhecimento e domínio mundial, ou seja, os seus efeitos de energização, tensão superficial, controle de potenciais hidrogeniônicos pHs, aferições internas e externas químicas e físicas, etc., são variáveis reconhecidas pela ciência contemporânea e por isto foi eleito um método comparativo de estudos práticos de aferições e controles estabelecidos em amostras de águas, para a elaboração de ensaios experimentais, os quais poderão ser compatíveis e comparáveis aos efeitos mensuráveis sucedidos nos componentes químicos dos agrotóxicos, e dessa forma estabelecendo a principal proposição deste trabalho, ou seja um método comparativo dos efeitos sucedidos na água com a suposição comparativa aos efeitos sobre os agrotóxicos nela contidos.

A medição da tensão armazenada na água foi feita logo após o processo de energização utilizando fonte de 40 kV / cc pulsada. Para a leitura da tensão foi utilizado o osciloscópio modelo DSO-2072 da marca ICEL com configuração de ponta de prova x10 e configuração de display de 20 V / 200 mS por divisão. Para este método de verificação foram efetuadas três ensaios, considerando duas réplicas para a amostra testada para confirmar a repetitividade do processo utilizado. A Figura 1 apresenta o equipamnto em escala industrial construído:



Figura 1. Aparato constuído em escala industrial para eletroneutralização de agrotóxicos e outros agentes tóxicos contidos em amostras de água

### 2.1 Análise da eficácia em relação ao tipo de eletrólito utilizado

Para a verificação do efeito causado pelo processo com relação às características físico-químicas do eletrólito foram analisadas a alteração de pH e de temperatura durante o processo de quatro tipos de águas comerciais brasileiras, as quais são descritas abaixo:

Água destilada (AD) produzida em São Bento do Sul - SC, sob coordenadas 26°14'56.0"S 49°23'07.8"W, na altitude de 838m. Água mineral marca 1 (AM1) envazada em Palhoça - SC, sob coordenadas 27°37'43.2"S 48°41'17.9"W, altitude de 3m. Água mineral marca 2 (AM2) envazada em Águas da Prata -SP, sob coordenadas 21°56'22.3"S 46°42'56.3"W, altitude de 838m. Água rede pública (AR) coletada em São Bento do Sul - SC, sob coordenadas 26°14'41.8"S 49°22'58.0"W e altitude de 838m.

A quantidade de água utilizada para a análise foi de 50 mL. Para efetuar a medição do pH e temperatura foi utilizado o equipamento AKSO-AK90. As medições foram efetuadas antes do início do processo e nos períodos de 30/60/90/120/300/600/900/1200 segundos.

## 2.2 Análise da eficácia em relação à quantidade do eletrólito utilizado

Para a verificação do efeito causado pelo processo com relação a quantidade de eletrólito foram analisadas a alteração de pH e de temperatura durante o processo com três quantidades de águas diferentes. A água mineral utilizada foi envazada em Palhoça - SC, sob coordenadas 27°37'43.2"S 48°41'17.9"W, e altitude de 3 m. Foram usados 25 mL para a amostra 1; 50mL para a amostra 2; e 100 mL para a amostra 3. Para efetuar a medição do pH e temperatura foi utilizado o equipamento modelo AKSO-AK90. As medições foram efetuadas antes do início do processo e nos períodos de 30/60/90/120/300/600/900/1200 segundos.

## 2.3 Análise da eficácia em relação à temperatura do eletrólito utilizado

Para a verificação do efeito causado pelo equipamento foram analisadas a alteração de pH e de temperatura durante o processo com três temperaturas de água diferentes. A água mineral utilizada foi envazada em Palhoça - SC, sob coordenadas 27°37'43.2"S 48°41'17.9"W, altitude de 3 m. Nos ensaios foi utilizado 25 mL com temperaturas de 5 °C para a amostra 1, 20 °C para a amostra 2, e 35 °C para a amostra 3. Para efetuar a medição do pH e temperatura foi utilizado o equipamento modelo AKSO-AK90. As medições foram efetuadas antes do início do processo e nos períodos de 30/60/90/120/300/600 segundos.

## 2.4 Análise da remoção de agrotóxico disperso em eletrólito

Foi preparada uma solução de água adicionada de agrotóxico na proporção de 2/100 Litros. A água utilizada foi obtida direto da fonte sua composição química é descrita na Tabela 1 e seus dados físicos estão expostos na Tabela 2:

Componente	mg/L
Bicarbonato estequiométrico	43,33
Sódio	9,887
Cálcio	5,289
Cloreto	5,06
Nitrato	3,51
Potássio	3,240
Magnésio	1,859
Sulfato	0,97
Fosfato	0,12
Estrôncio	0,073
Fluoreto	0,07
Bário	0,060
Brometo	0,06

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 1 – Composição química da água

Variável	Grandeza
Temperatura da água na fonte	22,4°
Condutividade elétrica a 25°C	99,2μS/cm
Radioatividade na fonte a 20°, 760mm Hg	2,61 matches

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 2 – Dados físicos da água

Os dados técnicos do produto herbicida Roundup® são apresentados na Tabela 3:

Nome comum	Glifosato
Nome químico	N-(phosphonomethyl) glycine
Concentração	Sal de Isopropilamina de Glifosato 480 g/L (360 g/L equivalente ácido)
Tipo de formulação	Concentrado solúvel
Classe	Herbicida
Grupo químico	Glicina substituída
Mecanismo de ação	Inibidor da EPSPS
Classe Toxicológica	III - Medianamente Tóxico
Potencial de Periculosidade	III - Perigoso ao Meio Ambiente

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 3 – Dados do herbicida Roundup®

As leituras do pH e da temperatura foram feitas em seis etapas. Uma leitura antes do início dos testes e uma a cada 10 minutos. Para a leitura do pH, foi efetuada a medição utilizando o pHmetro modelo AKSO-AK-90. Antes da leitura do pH a solução foi resfriada em banho-maria até atingir a temperatura inicial. Para a leitura da temperatura, logo após o teste a amostra foi agitada para que a temperatura ficasse homogênea, sem que houvesse diferença entre a temperatura superficial e inferior. Para a verificação de alteração de pH da solução foi utilizada a fonte de 40kV/cc pulsada. O dispositivo utilizado é demonstrado na Figura 2:

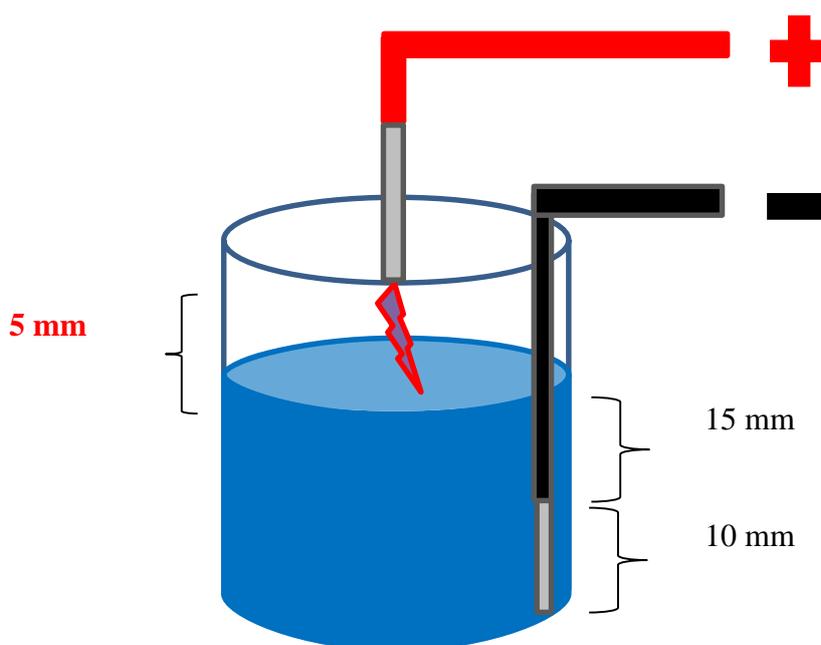


Figura 2. Dispositivo baseado em descarga de corona utilizado nos ensaios

#### 4. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos referentes a mudança de pH e temperatura em relação a quantidade de 25 mL de eletrólito são apresentados na Tabela 4:

tempo	Inicial	30seg	60seg	90seg	120seg	5min	10min	15min	20min	$\Delta$
pH	6,8	7,0	7,0	7,0	7,2	6,6	3,9	3,8	3,7	- 3,1
°C	19,8	21,9	22,8	24,5	26,5	32,9	38,8	38,2	38,8	+ 19,0

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 4 – Alteração do pH e temperatura em relação a quantidade de 25 mL de eletrólito

É possível observar que para a quantidade de 25 mL ocorre alteração significativa nos valores de pH medidos e temperatura em relação a quantidade após 5 minutos de ensaio (300 segundos). Os resultados obtidos para a quantidade de 50 mL são apresentados na Tabela 5:

tempo	Inicial	30seg	60seg	90seg	120seg	5min	10min	15min	20min	$\Delta$
pH	6.5	6.8	6.7	6.7	6.8	6.7	5.8	4.8	4.2	-2.3
°C	19	20.1	21.5	22.1	24	27,7	33.8	34.4	36.6	+17.6

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 5 – Alteração do pH e temperatura em relação a quantidade de 50 mL de eletrólito

Novamente percebeu-se alteração do pH e da temperatura após 10 minutos de ensaio (600 segundos), porém apresentando menor variação se comparados à amostra de 25 mL. Os resultados obtidos para a quantidade de 100 mL são apresentados na Tabela 6:

tempo	Inicial	30seg	60seg	90seg	120seg	5min	10min	15min	20min	$\Delta$
pH	6,5	6,5	6,6	6,8	6,6	6,8	6,7	6,7	6,6	+0,1
°C	20,3	20,6	21,0	21,4	21,2	23,2	26,0	28,7	31,1	+17,1

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 6 – Alteração do pH e temperatura em relação a quantidade de 100 mL de eletrólito

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, se observou alteração (acréscimo) da temperatura muito semelhante às amostras 1 e 2, entretanto não foi possível observar alterações significativas no valor do pH durante todo o período de ensaio.

Os resultados referentes a alteração de pH em relação a temperatura inicial de 5°C são apresentados na tabela 7:

tempo	Inicial	30seg	60seg	90seg	120seg	5min	10min	$\Delta$
pH	7,2	7,0	7,3	7,8	7,6	5,8	4,7	- 2,5
°C	5,0	9,7	11,8	15,0	17,8	23,2	33,3	+ 27,3

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 7 – Alteração do pH para a temperatura inicial de 5 °C

É possível observar alteração significativa em relação a alterações (diminuição ou acidificação) nos valores de pH após 5 minutos de ensaio (300 segundos). Os resultados obtidos para a temperatura inicial de 20 °C são apresentados na Tabela 8:

tempo	Inicial	30seg	60seg	90seg	120seg	5min	10min	Δ
pH	6,8	7,0	7,0	7,0	7,2	6,6	3,9	- 2,9
°C	19,8	21,9	22,8	24,5	26,5	32,9	38,8	+ 19,0

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 8 – Alteração do pH para a temperatura inicial de 20 °C

Percebeu-se mudança significativa na nos valores de pH (diminuição ou acidificação) após 10 minutos de ensaio (600 segundos). Os resultados obtidos para a temperatura inicial de 35 °C são apresentados na Tabela 9.

tempo	Inicial	30seg	60seg	90seg	120seg	5min	10min	Δ
pH	6,9	7,0	6,8	6,9	7,0	7,4	4,0	- 2,9
°C	35	34,8	35,3	38,6	37,8	41,6	42,8	+ 7,8

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 9 – Alteração do pH para a temperatura inicial de 35 °C

Novamente, notou-se mudança significativa nos valores de pH (diminuição ou acidificação) após 10 minutos de ensaio (600 segundos).

Para a análise da remoção de agrotóxico foram utilizados 25 mL de água e nela foi diluído 0,5mL do herbicida, conforme recomendação do fabricante. O pH da solução água + herbicida é 6,9 à 20,5°C. O resultado dos testes é apresentado na Tabela 10 e também na Figura 3:

Tempo	Inicio	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
pH	6,9	6,8	6,8	6,8	6,7	6,6	6,6

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 6 – Análise de pH em relação ao tempo de exposição

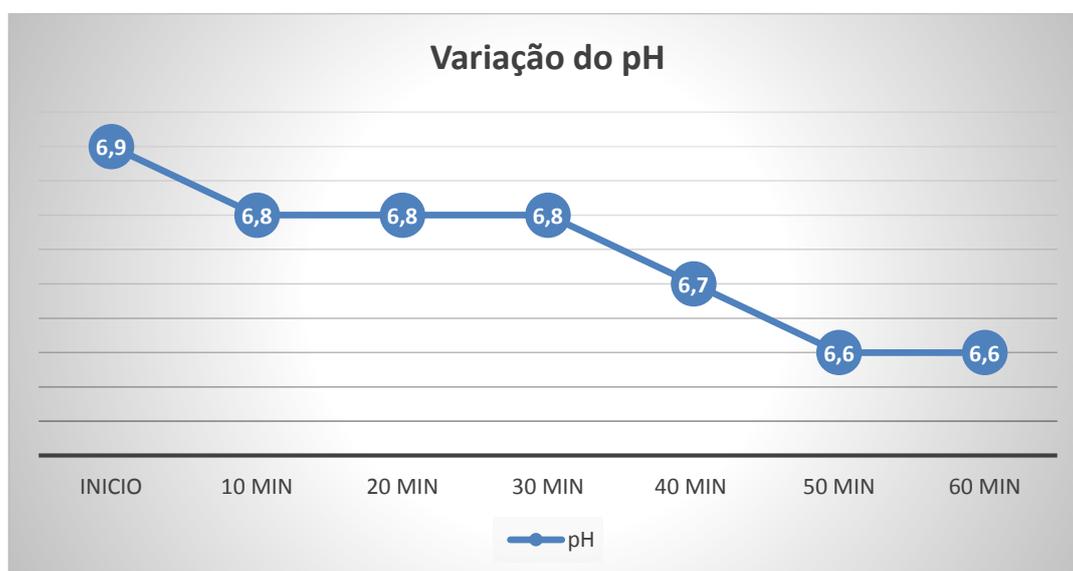


Figura 3. Variação do pH em relação ao tempo de exposição

## 5. Conclusão

Através da utilização do aparato apresentado neste trabalho, baseado no método de armadilha de elétrons, foi possível realizar a eletroneutralização dos pesticidas dispersos em meio líquido (água) variando o pH em relação ao tempo de exposição a descarga elétrica sem que ocorreria mudança significativa na temperatura do eletrólito. Os íons negativos/ânions neutralizaram os íons positivos/cátions dispersos no meio em questão dessa forma eletroneutralizando elementos tóxicos ácidos e básicos, ou seja, os agentes residuais foram eletroneutralizados pelo saturamento de elétrons ou ânions aprisionados neste meio sequestrante. Ao direcionarmos um fluxo controlado positivo de elétrons ao meio provoca-se um estado de diferencial potencial positivo tornando o meio acidificado e portanto neutralizando agentes tóxicos cáusticos e vice-versa.

Além da vantagem desta inovação de eletroneutralizar os agrotóxicos de forma direcionada e controlada, também pode se destacar sua capacidade de eletroneutralizar agrotóxicos contidos em alimentos não apenas superficialmente como também internamente. Frutas ácidas geram corrente elétrica, desde que se crie um circuito elétrico específico para cada fruta ou verdura e assim também se pode constatar a capacidade da armadilha de elétrons em carregar e descarregar eletricamente partículas residuais de agrotóxicos e outros agentes tóxicos presentes em frutas e legumes, eletroneutralizando seus níveis com sucesso.

## Referências

ABBAS, Q.A. Effects of Positive Corona Discharge on PH Value of Tap and Distilled Waters in Liquid system. **Al-Nahrain Journal of Science**, v.16, n.4, p. 141-144, 2013.

AHMED, A. Experimental Comparison for effect of Positive and Negative Corona Discharge Plasmas on the Properties of Distilled Water, 2016. Article Number 39-2102-0. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/39-2102-0-Experimental-Comparison-for-effect-of-and-Ahmed/a4eb482082dad8b02d488c04ab29f1f72dfcad9a>> Acesso em: 02 out. 2019.

BUCKOW, R.; CHANDRY, P.S.; NG, S.Y.; MCAULEY, C.M.; SWANSON, B.G. Opportunities and challenges in pulsed electric field processing of dairy products. **International Dairy Journal**, v.34, n.2, p. 199-212, 2014.

DUVOISIN, C.A. Patente de invenção: Sistema e método para neutralização de agrotóxicos ou agentes similares contidos em alimentos e configuração construtiva para sua implementação. INPI/ BR 10 2016 026848 6, 2016.

DUVOISIN, C.A. Patente de invenção: System and method for neutralizing pesticides or similar agents contained in foods and structural arrangement for implementing same. PCT/ BR 2017/050115 / publicado WIPO 24/05/2018, 2017.

DUVOISIN, C.A; HORST, D.J; VIEIRA, R.A.; SOUSA, JPFA; BARETTA, D; PSCHIEDT, A; MOURÃO JR., CA; SECCHI, MA; BERNARDES, S. AND FROEHNER. J.. System and Method to Electro-neutralize Agrochemicals from Foods and Water. **London Journal of Research in Science: Natural and Formal**, vol.18, n.4, compilation 1, p. 1-2, 2018.

DUVOISIN, C.A; HORST, D.J; VIEIRA, R.A.; SOUSA, JPFA; BARETTA, D; PSCHIEDT, A; MOURÃO JR., CA; SECCHI, MA; BERNARDES, S.; FROEHNER, J. **Journal of Food Science & Technology**. Aceito para publicação, 2019.

CARNEIRO, F.F. **Dossiê ABRASCO**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

LOPES, C.V.A.; ALBUQUERQUE, G.S.C.D. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**, v.42, n.117, p. 518-534, 2018.

MCAULEY, C.M.; SIGHN, T.K.; HARO-MAZA, J.F.; WILLIAMS, R.; BUCKOW, R. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.38, n.B, p. 365-373, 2016.

PERES, F.; MOREIRA, J.C. **É veneno ou é remédio?** Agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003.

QIN, B-L.; BARBOSA-CANOVAS, G.V.; SWANSON, B.G.; PEDROW, P.D.; OLSEN, R.G. Inactivating microorganisms using a pulsed electric field continuous treatment system. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v.34, n.1, p. 43-50, 1998.

QIN, B-L.; POTHAKAMURY, U.R.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; SWANSON, B.G.; PELEG, M. Nonthermal pasteurization of liquid foods using high-intensity pulsed electric fields. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.36, n.6, p. 603-627, 1996.

RASO, J.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Nonthermal Preservation of Foods Using Combined Processing Techniques. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.43, n.3, p. 265:285, 2003.

SHARMA, P.; OEY, I.; EVERETT, D.W. Effect of pulsed electric field processing on the functional properties of bovine milk. **Trends in Food Science & Technology**, v.35, n.2, p. 87-101, 2014.

UCHIDA, S.; HOUJO, M.; TOSHIKUBO, F. Efficient sterilization of bacteria by pulse electric field in micro-gap. **Journal of Electrostatics**, v.66, n.7-8, p. 427-431, 2008.

VEGA-MERCADO, H.; MARTÍN-BELLOSO, O.; QIN, B-L.; CHANG, F.J.; GÓNGORA-NIETO, M.M.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; SWANSON, B.G. Non-thermal food preservation: Pulsed electric fields. **Trends in Food Science & Technology**, v.8, n.5, p. 151-157, 1997.

VITAL, N. **Agradeça aos agrotóxicos por estar vivo**. Rio de Janeiro: Record, 2017.

WOUTERS, P.C.; SMELT, J.P.P.M. Inactivation of microorganisms with pulsed electric fields: Potential for food preservation. **Food Biotechnology**, v. 11, n.3, p. 193-229, 2009.