

Descarga Zero de Águas Residuais Domésticas e Industriais por Meio da Reutilização em Processos Industriais para Fabricação de Revestimentos Cerâmicos e Louças Sanitárias

D. Penagos^{a*}, A. Mejia^a

^aCorona – Colceramica S.A., Departamento de gestión ambiental, Planta Madrid

**e-mail: dpenagos@corona.com.co*

Resumo: Um dos recursos naturais vitais para a indústria cerâmica é a água, sem ela dificilmente seria possível fabricar cerâmica. Ao longo do tempo, gerou-se grande pressão sobre este recurso natural, levando governos, comunidades e setores produtivos a realizarem ações voltadas para economia e uso eficiente deste precioso líquido. Na indústria cerâmica há possibilidades de minimização e redução da descarga de águas residuais industriais, bem como também a de águas residuais domésticas, podendo-se alcançar um aproveitamento de 100% destes efluentes pela sua reutilização nos processos produtivos, gerando um impacto favorável no meio ambiente, segundo os princípios da gestão sustentável (econômica – social- ambiental).

Palavras-chave: *descarga zero, reutilização de água, preservação ambiental, solução sustentável.*

1. Introdução

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a sobrevivência das espécies, bem como para muitos processos de fabricação de bens e produtos da vida moderna, dentre eles, a fabricação de cerâmica. De maneira muito sucinta, argila, água e calor são os 3 recursos naturais necessários para a fabricação de cerâmica. Se algum destes recursos faltarem, não é possível fechar a equação, tornando-se impossível a fabricação de cerâmica, tal qual é feita atualmente.

Corona – Colceramica S.A., empresa colombiana fabricante e comerciante de revestimentos cerâmicos e louças sanitárias, possui 5 plantas produtivas, localizadas nas regiões de Cundinamarca e Antioquia. Uma dessas plantas está localizada no município de Madrid (Cundinamarca), com capacidade para fabricar tanto revestimentos cerâmicos como louças sanitárias.

Em termos de consumo de água, esta planta conta com dois poços artesanais para extração da água utilizada nos processos industriais, a saber: preparação da massa; preparação do esmalte; preparação dos moldes, decoração, polimento, esmaltação e colagem, inclusas as atividades próprias e impróprias da fabricação de cerâmica, como serviços sanitários, serviços de alimentação, entre outros.

As águas, após serem utilizadas nos processos industriais e domésticos, passam pelo sistema de tratamento para redução dos contaminantes, tanto orgânicos como inorgânicos, para então serem vertidas sobre águas superficiais – a proporção que não será reutilizada no processo produtivo no caso, o Rio Subachoque, que se encontra próximo à planta.

Em razão das características físico-químicas e do volume gerado, apenas 87% destas águas residuais industriais eram reutilizadas no processo produtivo, sendo o restante enviado ao Rio Subachoque, juntamente com 100% das águas residuais domésticas, após o devido tratamento. Vale ressaltar que em ambos os casos houve o cumprimento da regulamentação.

De acordo com informações das autoridades ambientais, a planta de Madrid está localizada na zona crítica Polígono 1, com relação à situação do aquífero Guadalupe, que segundo estudos recentes, apresentou uma redução progressiva nos níveis piezômetros^{1,2}.

Em 2010, o Ministério do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável publicou o Decreto 3930, no qual estabelece as disposições relacionadas ao uso dos recursos hídricos, o ordenamento do Recurso Hídrico e das descargas no solo, corpos d'água e na rede

de drenagem, tanto para efluentes domésticos como industriais e determina os parâmetros e limites permissíveis para descarga de águas residuais, incluindo as geradas pela indústria cerâmica.

Corona, como parte de sua estratégia de sustentabilidade, fixou como uma de suas principais metas a redução do consumo de água azul (águas novas) em todos os seus processos industriais.

Considerando-se os aspectos mencionados, planejou-se um projeto cujo principal objetivo era a eliminação das descargas de águas residuais industriais e domésticas, por meio de sua reutilização nos processos produtivos. Durante o desenvolvimento do projeto, surgiram vários desafios de âmbitos técnico, econômico e ambiental, até a formatação de um sistema de tratamento de água terciarizado e avançado, que atendia ao objetivo principal do projeto.

2. Metodologia

A metodologia utilizada para desenvolvimento do projeto está baseada na aplicação das ferramentas do “Kit Corona”, e contemplou as seguintes etapas: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e encerramento.

2.1. Planejamento

Nesta etapa a seguinte questão foi levantada: Como utilizar as águas residuais novamente nos processos produtivos, seguindo os princípios da gestão sustentável (econômica, ambiental e social), sem alterar as condições de qualidade dos processos? O primeiro passo foi a elaboração do diagrama IPO (Input – Process – Output) do fluxo de água para identificar os tipos, qualidades e quantidades de água que eram utilizadas nos processos produtivos e em questões domésticas, incluindo a sua descarga. Identificou-se os seguintes tipos de água:

Água bruta: extraída dos poços profundos, após tratamento é convertida em água para uso nos processos de resfriamento, consumo humano e suavizado (Tabela 1);

Água potável: água segura e própria para o consumo humano, utilizada normalmente nos serviços sanitários, serviços de alimentação, entre outros domésticos (Tabela 2);

Água suavizada: água proveniente do processo de potabilização, mas com uma baixa dureza, normalmente utilizada nos processos industriais como preparação de esmaltes, colagem, esmaltação e decoração (Tabela 3);

Água residual industrial bruta (ARIC): água residual proveniente dos processos cerâmicos, com altas concentrações de íons e sólidos, com carga orgânica relativamente baixa (Tabela 4):

Água residual industrial tratada (ARIT): água tratada física e quimicamente, apresenta melhores características que a água residual industrial bruta, em termos de quantidade de sólidos e cargas orgânicas (Tabela 5):

Água residual doméstica bruta (ARDC): água proveniente principalmente das instalações sanitárias, de alimentação e domésticas. Possui alta concentração de cargas orgânicas e relativamente baixa concentração de sólidos (Tabela 6):

Água residual doméstica tratada (ARDT): água tratada física e quimicamente, apresenta melhores características que a água residual doméstica bruta, em termos de quantidade de sólidos e cargas orgânicas (Tabela 7):

Tabela 1. Características da água bruta.

Parâmetro	Unidades	Rango Valores
Color	UPC	100 - 300
Turbiedad	NTU	15-50
pH	Unidades	7,0-8,0
Conductividad	μ siemens	450-600

Tabela 2. Características da água potável.

Parâmetro	Unidades	Rango Valores
Color	UPC	0-15
Turbiedad	NTU	0-2
pH	Unidades	7,2-8,4
Conductividad	μ siemens	500-600
Cloro	mg/l	0,5-2,2
Coliformes	UFC/100 cm ³	0
E-coli	UFC/100 cm ³	0

Tabela 3. Características da água suavizada.

Parâmetro	Unidades	Rango Valores
Color	UPC	0-15
Turbiedad	NTU	0-10
pH	Unidades	7,0-8,5
Conductividad	μ siemens	450-550
Dureza	mg/lCaCo3	0-20
Sulfatos	mg/lSo4	80-150
Cloruros	mg/l Cl	40-180

Tabela 4. Características ARIC.

Parâmetro	Unidades	Rango Valores
Turbiedad	NTU	5500-45000
pH	Unidades	5,5-7,9
Conductividad	μ siemens	1300-2200

Com base nos dados coletados entre os anos 2010 e 2011 sobre consumo de água nos processos produtivos, foi possível levantar o seguinte balanço hídrico (Tabela 8)³:

O balanço hídrico evidencia que 87% das águas residuais industriais tratadas (ARIT) são reutilizadas, o que significa que 1344 m³/mês de águas residuais tratadas são descartadas. Para o caso das águas residuais domésticas tratadas (ARDT) não há reutilização.

Estima-se que a descarga combinada destas duas águas residuais é de 2466m³/mês, total que se pretende eliminar por meio da reutilização nos processos produtivos, conforme objetivo principal do projeto.

2.2. Aplicação prática

A partir dos dados coletados e analisados na primeira etapa do projeto, foi possível identificar:

- Que as águas residuais que estavam sendo descartadas, poderiam ser utilizadas nos processos produtivos em substituição à água suavizada. Isto pela análise dos balanços hídricos e vocações de uso;
- Lacuna de qualidade de água entre as águas residuais e a água suavizada

Com este planejamento, deu-se início o processo de aplicação prática da reutilização das águas residuais nos processos produtivos. Primeiramente definiu-se o percentual de mistura que deveria existir entre as ARIT e ARDT, uma vez que cada uma possui características diferentes bem marcadas. A análise estabeleceu que a mistura ótima era de 30% de ARDT e 70% de ARIT, em função das características de cada água e do caudal disponível (Tabela 9).

Tabela 5. Características ARIT.

Parâmetro	Unidades	Rango Valores
Color	UPC	5,0-80
Turbiedad	NTU	1,0-10
pH	Unidades	6,0-8,5
Conductividad	μ siemens	1200-2100
Dureza	mg/lCaCo3	50-200
Sulfatos	mg/lSo4	150-200
Cloruros	mg/l Cl	1,5-2,5

Tabela 6. Características ARDC.

Parâmetro	Unidades	Rango Valores
Color	UPC	100-200
Turbiedad	NTU	20-50
pH	Unidades	6,0-8,5
Cloro Residual	mg/l Cl	0,5-2
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	0-2

Tabela 7. Características ARDT.

Parâmetro	Unidades	Rango Valores
Color	UPC	20-80
Turbiedad	NTU	500-1000
pH	Unidades	7,5-8,5
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	25000000-40000000

Tabela 8. Balanço hídrico (Média mensal).

Tipo de agua	Cantidad (m ³)
Agua cruda	7448
Agua potable	2327
Agua suavizada	5122
ARIT	10558
ARDT	1122
ARIT reutilizada	9214
ARDT retulizada	0
ARIT vertida	1344
ARDT vertida	1122
Total aguas	38257

Tabela 9. Mistura ótima de ARDT e ARIT.

Parametro	Unidad	30% ARI 70% ARD	50% ARI 50% ARD	70% ARI 30% ARD
Turbiedad	NTU	7,02	6,95	5,54
Dureza total	mg/Lo2 CaCo3	547	467	167
Cloruros	mg/Lcr	2,6	2,3	1,5
Sulfatos	mg/Iso4	200,3	153	209,9
Calcio	mg/l	22,3	32	36,5
Magnesio	mg/l	4,8	5,14	6,19
Hierro	mg/l	0,1	0,3	0,3
Sodio	mg/l	135,7	123,7	147,5
DBO	mg/o2	31,5	45	31,5
DQO	mg/o3	34,9	58	36,7
Mesofilos	UFC/100ml	0	176	0
Coliformes totales	NMP/100	9200	4560	6340
Coliformes fecales	NMP/100	5800	2480	4870

Tabela 10. Mistura ARDT e ARIT Vs. suavizada.

Parametro	Unidad	Suvizada	70% ARI 30% ARD
Turbiedad	NTU	6,95	5,54
Dureza total	mg/Lo2 CaCo3	25,4	167
Cloruros	mg/Lcr	35,6	1,5
Sulfatos	mg/Iso4	54,2	209,9
Calcio	mg/l	37,1	36,5
Magnesio	mg/l	20,7	6,19
Hierro	mg/l	0,3	0,3
Sodio	mg/l	54,8	147,5
DBO	mg/o2	10,5	31,5
DQO	mg/o3	22,4	36,7
Mesofilos	UFC/100ml	48	0
Coliformes totales	NMP/100	0	6340
Coliformes fecales	NMP/100	0	4870

No entanto, em comparação com as características da água suavizada (em termos de qualidade de água) e para tornar possível que os efluentes fossem reutilizados no processo produtivo, tornou-se evidente que, a atual tecnologia de tratamento de ARIT e ARDT era muito limitada e, seguramente, não alcançaria a qualidade de água necessária (Tabela 10):

As maiores lacunas, em termos de qualidade de água, representavam-se por duas tipologias de características de água: cargas orgânicas e inorgânicas - as duas muito importantes para não afetar as matérias-primas e sua interação em todo o processo cerâmico e a água como insumo vital.

Após análise das tecnologias disponíveis para o tratamento terciário avançado de águas residuais, suas características, manutenção, duração e confiabilidade, identificou-se que a nova arquitetura para o tratamento da mistura ótima (30% ARDT + 70% ARIT) deveria realizar-se em duas etapas: remoção dos contaminantes orgânicos e remoção dos contaminantes inorgânicos.

Deste modo, para a primeira etapa desenvolveu-se um sistema de trens de filtração e para a segunda etapa, desenhou-se um sistema de intercâmbio iônico e um sistema de osmose reversa.

Para a fase de aplicação prática, testes foram realizados para cumprimento aos parâmetros-chave de qualidade da água suavizada, 30% ARDT + 70% ARIT (unicamente com o tratamento básico) e 30% ARDT + 70% ARIT (terciário avançado). Vale ressaltar que os testes foram realizados com equipamentos usados e em laboratório:

Como demonstra a Tabela 11, o projeto inicial se ajusta para permitir que a mistura de águas residuais alcance a mesma qualidade

Tabela 11. Mistura ARDT e ARIT (básico e terciário avançado) vs. suavizada.

Parametro	Unidad	Suvizada (Referente)	70% ARI 30% ARD (Mezcla basica)	70% ARI 30% ARD (Tercerio avanzado)
pH	Unidades	7,9	7,6	8,2
Dureza total	mg/Lo2 CaCo3	1,0	99,5	1,2
Conductividad	μ siemens	586,7	1857,9	573,3
Color	UPC	3,0	56,2	3,0
Turbiedad	NTU	1,3	6,1	1,5

**Figura 1.** Filtro AG.

da água de referência, neste caso, a água suavizada. Uma vez verificada a viabilidade técnica do projeto, deu-se início a verificação da viabilidade econômico-financeira, objetivando estabelecer um projeto sustentável.

3. Resultados

A montagem do sistema definitivo compôs-se, em termos gerais, dos seguintes subsistemas: Filtros multimídia, Filtros AG, Filtros de carvão ativado, torres de suavização, microfiltração, cloração e osmose reversa (Figuras 1 e 2).



Figura 2. Osmose Reversa.

Tabela 12. Resultados 0, 30, 60, 90, 120 e 180 dias.

Parametro	Unidades	Estandar	0	30	60	90	120	180
Conductividad	μ siemens	max. 550	28,6	55,0	57,0	88,1	85,4	115,2
pH	Unidades	7,0-8,5	7,8	7,4	7,6	7,6	7,69	7,68
Dureza	mg/lCaCo3	0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4
Turbiedad	NTU	0	0,2	0	0	0	0	0
Sulfatos	mg/lSo4	max. 60	2,6	0,1	0,6	0,5	0,5	1,5
COT	ppm	15	SM	SM	2,3	4,4	4	2,3
Cloruros	mg/l	max. 40	4,1	8,0	10,0	7,5	9,4	13,1
Color	UPC	15	1,1	0,2	0,2	0	0	0

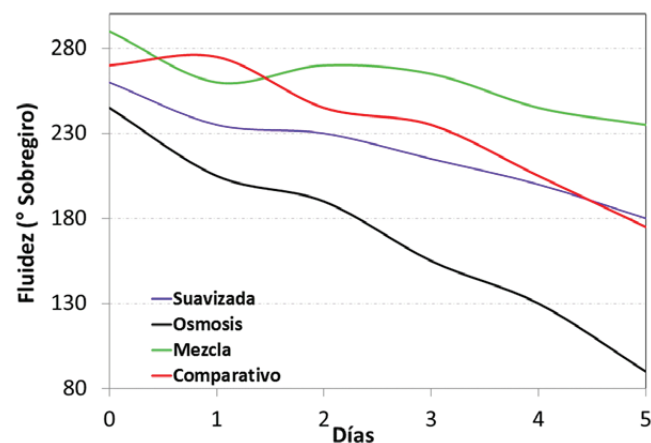


Figura 3. Testes de reologia esmalte 960.

Após a montagem, testes foram realizados diariamente, com objetivo de verificar, em relação à qualidade da água, se o sistema estava cumprindo com os padrões esperados e também para permitir uma análise da variabilidade. A realização diária dos testes tornou possível a consolidação dos resultados obtidos no(s) 0, 30, 60, 90, 120 e 180 dias desde o início da montagem (Tabela 12):

Também foram realizados testes para verificar a reação de matérias-primas sensíveis, como por exemplo, os esmaltes, que foram testados no nível reológico em termos de floculação e estabilidade em 5 dias.

Este teste comparou 4 tipos de água: Osmose (mistura ótima 30% ARDT + 70% ARIT – sistema terciário avançado); Mistura (mistura ótima 30% ARDT + 70% ARIT a uma concentração de 30% sobre uma mistura com água suavizada a 70%); suavizada e comparativo (contra amostra de água suavizada); e 3 tipos de esmaltes 930 (esmalte muito colorido), 916 (esmalte medianamente colorido) e 203 (esmalte de base branca) (Figuras 3, 4 e 5):

Adicionalmente, também realizou-se cultivo de bactérias e fungos (indubacter) durante 5 dias, para os diferentes tipos de água e esmaltes (Figuras 6-9):

Como medida de controle para a reprodução de bactérias e fungos das diferentes águas nos esmaltes, realizou-se um cultivo (indubacter) durante 5 dias (Figuras 10-13):

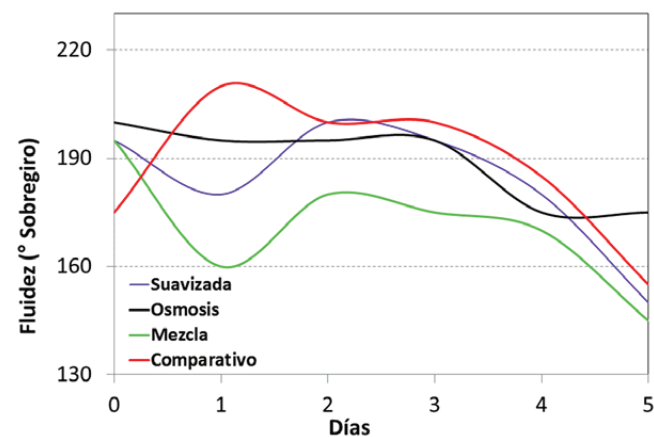


Figura 4. Testes de reologia esmalte 916.

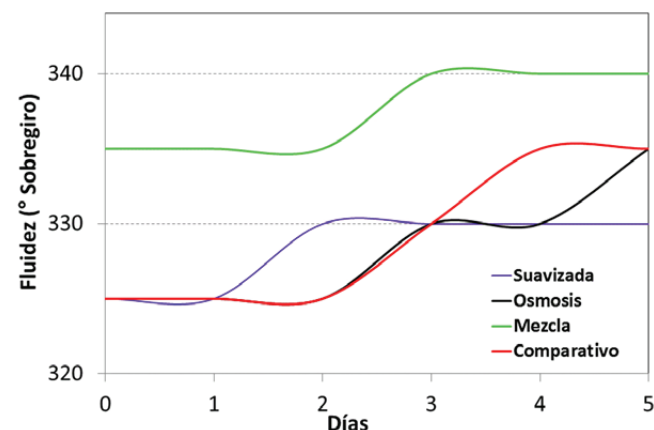


Figura 5. Testes de reologia esmalte 230.

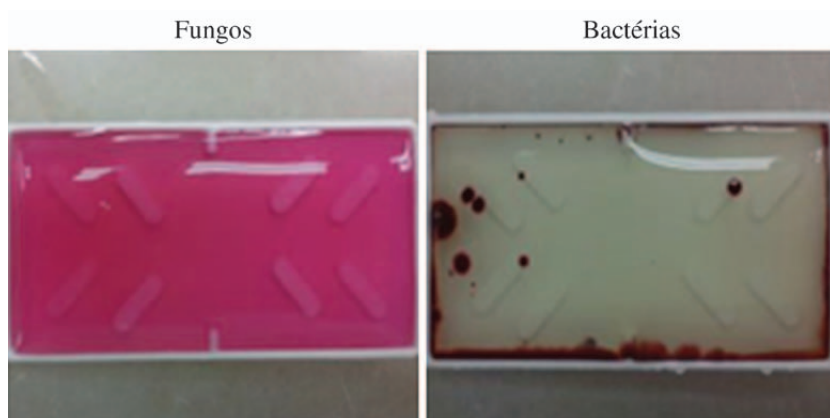


Figura 6. Cultivo indubacter – água comparativa.

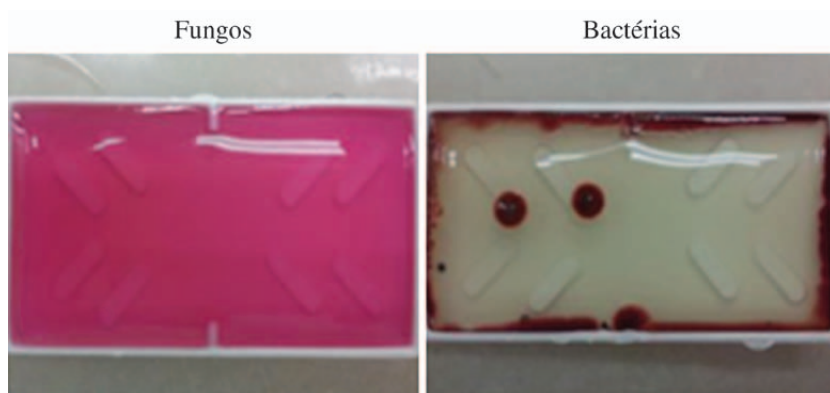


Figura 7. Cultivo indubacter – água osmose.

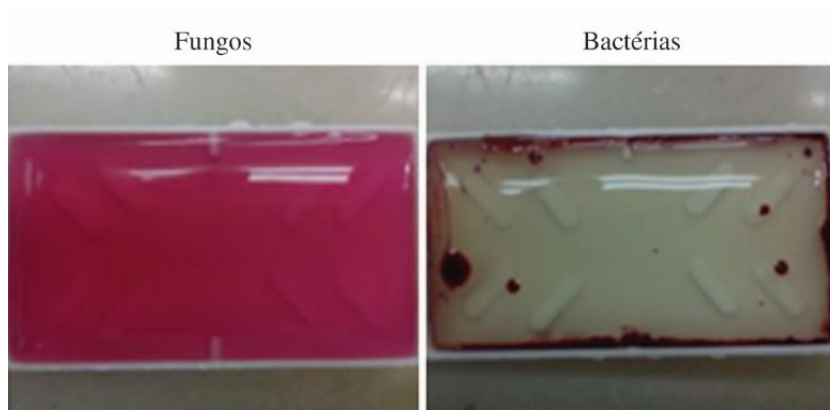


Figura 8. Cultivo indubacter – água mistura .

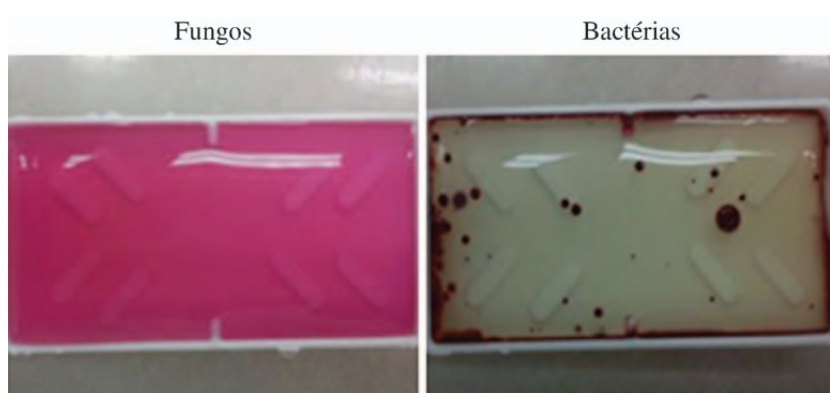


Figura 9. Cultivo indubacter – água suavizada.

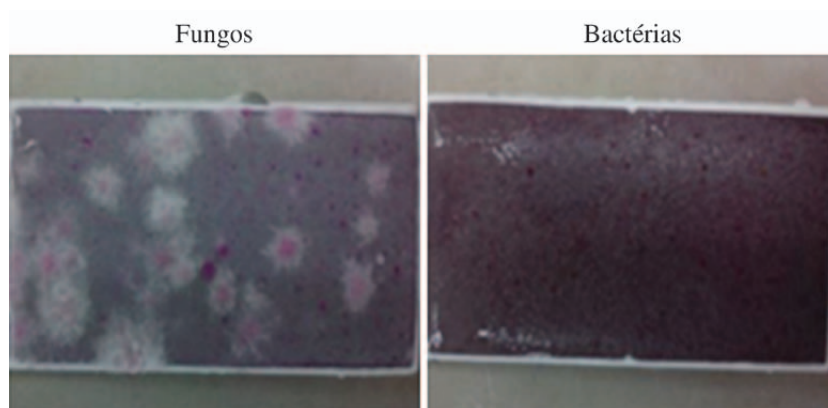


Figura 10. Cultivo indubacter – água comparativo com 960.

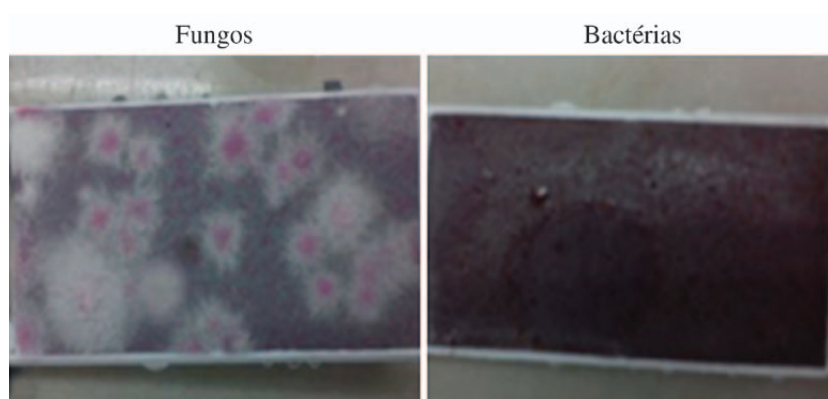


Figura 11. Cultivo indubacter – água osmose com 960.

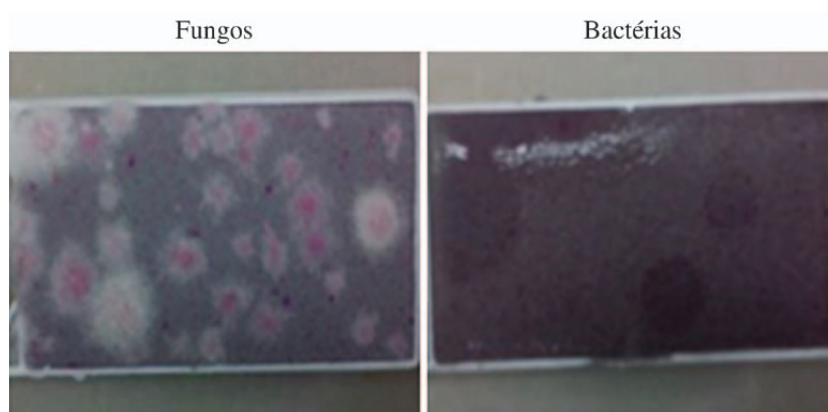


Figura 12. Cultivo indubacter – água suavizada com 960.

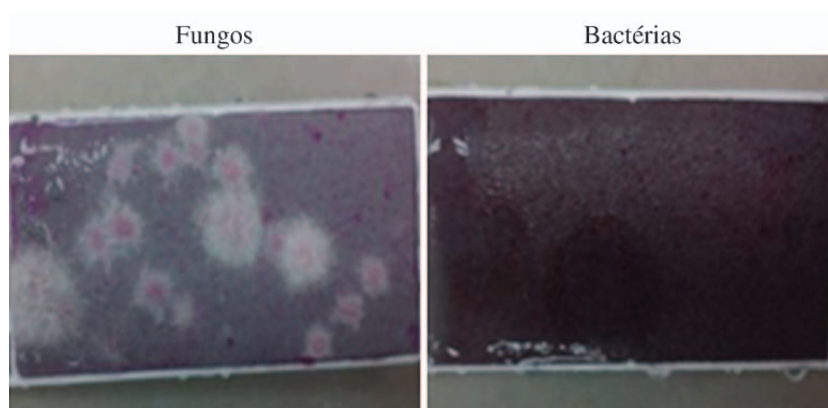


Figura 13. Cultivo indubacter – água mistura com 960.

4. Conclusões

Os resultados do projeto demonstram que o sistema terciário avançado projetado para o tratamento de águas residuais doméstica tratadas (ARDT) e águas residuais industriais tratadas (ARIT) atende, e em alguns casos supera, aos padrões de qualidade de água que são requeridos para que elas possam ser reutilizadas nos processos produtivos, sem afetar a relação entre a água e as matérias-primas usadas na produção de cerâmicas.

É provável que em outras organizações este percentual varie. É possível projetar e implementar sistemas de tratamento de águas residuais que viabilizem a eliminação da descarga de águas residuais domésticas e industriais.

Pode-se desenvolver projetos com foco na gestão sustentável, isto é, que tenham impactos positivos nos âmbitos ambiental, social

e econômico, como por exemplo este projeto, que viabilizou uma redução no consumo de água do poço de 22%, e eliminou a descarga de cerca de 7800 m³ de águas residuais, o equivalente a cerca de 6 toneladas de cargas contaminantes, entre outros impactos positivos, apenas 6 meses após sua implementação.

Referências

1. FRANCO, O. et al. Estudio nacional del agua 2010. Bogota: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010.
2. BEJARANO, E. **Plan de manejo ambiental de aguas subterránea en la sabana de Bogota y zona crítica**. Bogota: CAR, 2008.
3. PENAGOS, D. **Diagrama IPO**. Madrid: Corona-Colceramica, 2011.