

# Prospecção tecnológica aplicada à remoção de nutrientes do esgoto sanitário

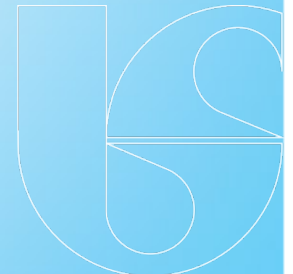


Allan Saddi Arnesen (TXE)  
Rosane Ebert Miki (TXP)

30/07/2014

## Introdução

- A **remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) do esgoto sanitário** é importante para evitar a eutrofização dos corpos d'água;
- Busca pela **universalização** do serviço de **tratamento de esgoto**;
- **Poucas ETEs do Brasil** possuem esta capacidade;
- São importantes estudos de **concepção de novas ETEs** e voltados à **readequação e otimização** das estações existentes para que a remoção de nutrientes seja contemplada.



## Introdução

- **Remoção biológica de nitrogênio** (nitrificação e desnitrificação)
- Em geral, realizadas em **etapas separadas e sequenciais** do tratamento;



## **Objetivo**

- **Identificar as tecnologias mais estudadas** no meio técnico-científico e aquelas **em ascensão** para o tema **remoção de nutrientes** com potencial de aplicação nas áreas operacionais das companhias de saneamento brasileiras.



## Materiais e métodos



- Classificação: **princípios, processos e tecnologias** aplicadas;
- Principais referências:
  - **EPA (2008/2013)**: *Emerging Technologies for Wastewater Treatment and In-Plant Wet Weather Management*;
  - **PROSAB (2009)**: *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*;
  - **METCALF & EDDY (2004)**: *Wastewater engineering – treatment and Reuse*;
  - **Artigos de revisão**: de-Bashan & Bashan (2004); Paredes et al. (2007); Gao et al. (2007); entre outros.





# Materiais e métodos

- Classificação

## Princípio: Biológico

<b>Biológico</b>
<b>Processos biológicos com biomassa aderida</b>
Biodisco
Reator biológico com leito fixo
Reator biológico com leito móvel
<b>Processos biológicos com biomassa suspensa</b>
Lodos ativados convencional
Processos em múltiplos estágios
UASB
Valo de oxidação
<b>Processos biológicos emergentes</b>
Biosorção e bioaugmentação
Célula combustível
Lodo granular aeróbio
Novos processos de transformação do nitrogênio
<b>Processos biológicos híbridos</b>
<b>Processos biotecnológicos</b>
Bactérias
Fungos
Microalgas
Remoção biológica avançada de fósforo (EBPR)
<b>Sistemas naturais</b>
Lagoas de estabilização
Sistema de infiltração
Wetlands

## Princípio: Físico/Químico

<b>Físico/químico</b>
<b>Adsorção e absorção</b>
Absorção
Adsorção
Zeólito
<b>Arraste de ar</b>
<b>Filtração físico-química</b>
<b>Membranas</b>
<b>Microondas</b>
<b>Ozonização de lodo</b>
<b>Precipitação química</b>
Estruvita
Com sais de metais
<b>Separação magnética</b>
<b>Tratamento eletroquímico</b>
<b>Troca iônica</b>
<b>Ultrassom</b>

## Outros

<b>Outros</b>
<b>Controle/otimização operacional</b>
<b>Emissão de óxido nitroso</b>
<b>Modelagem matemática</b>
<b>Monitoramento da remoção de nutrientes</b>
<b>Recuperação de nutrientes</b>
Recuperação de fósforo
Recuperação de nitrogênio
<b>Revisão bibliográfica</b>
Remoção de fósforo
Remoção de nitrogênio
Remoção de nitrogênio e fósforo
<b>Tratamento descentralizado</b>



# Materials e métodos

- Expressão de busca:

	Termo 1	ligação	Termo 2	ligação	Termo 3	ligação	Termo 4	ligação	Termo 5	ligação	Termo 6	ligação	Termo 7
Sinônimo 1	nitrog*	AND	nitrog*	near/1	remov*	OR	N-rem*	AND	wastewater treat*	NOT	industrial waste*	NOT	drinking water
Sinônimo 2	phosp*		phosp*		reduc*		P-rem*		waste water treat*		pig* waste*		potable water
Sinônimo 3	ammon*		ammon*		elimin*				sewage* treat*		swine waste*		
Sinônimo 4	nitrous*		nitrous*		incorpor*				effluent* treat*		food waste*		
Sinônimo 5					adsorv*						pharmac*		
Sinônimo 6					recov*						biodiesel product*		
Sinônimo 7					recycl*								
Sinônimo 8					reintro*								
Sinônimo 9					recup*								
Sinônimo 10					transform*								

Título
Tópico
Tópico
Título
Tópico

*Title*=(*((nitrog\* or phosp\* or ammon\* or nitrous\*))*) **AND** *Topic*=(*((nitrog\* or phosp\* or ammon\* or nitrous\*) near/1 (remov\* or reduc\* or elimin\* or incorpor\* or adsorv\* or recov\* or recycl\* or reintro\* or recup\*))*) **AND** *Topic*=(*((wastewater or "waste water" or sewage\* or effluent\*) near/1 treat\*))*) **NOT** *Title*=(*((industrial\* or pig\* or swine\* or food\*) near/1 (waste\* or sewage\* or effluent\*)) or ("biodiesel product\*" or pharmac\*))*) **NOT** *Topic*=(*((drinking or potable) near/1 water))*)

- Análises de indicadores gerais e específicos;

# Resultados

Artigos recuperados (período total da base WOS): 1785

Período apurado : 01/01/2007 a 31/12/2012

Artigos recuperados no período apurado : 844

Eficiência : 84%

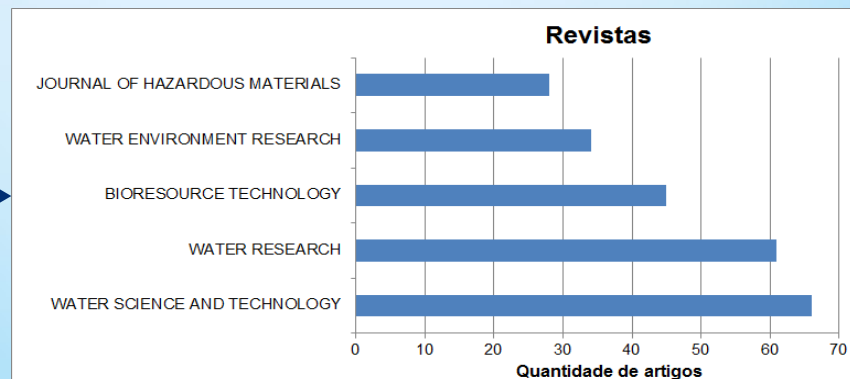
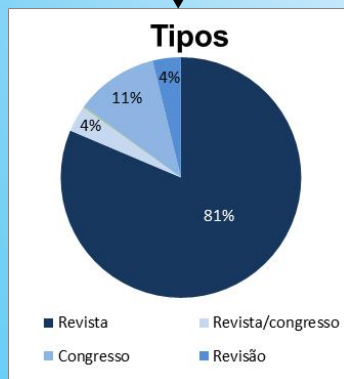
**844 artigos**  
Validação de todos

Período analisado:  
Jan/2007 a Dez/2012

**709 artigos (84%)**  
aderentes ao tema

**135 artigos (16%)**  
não aderentes ao tema

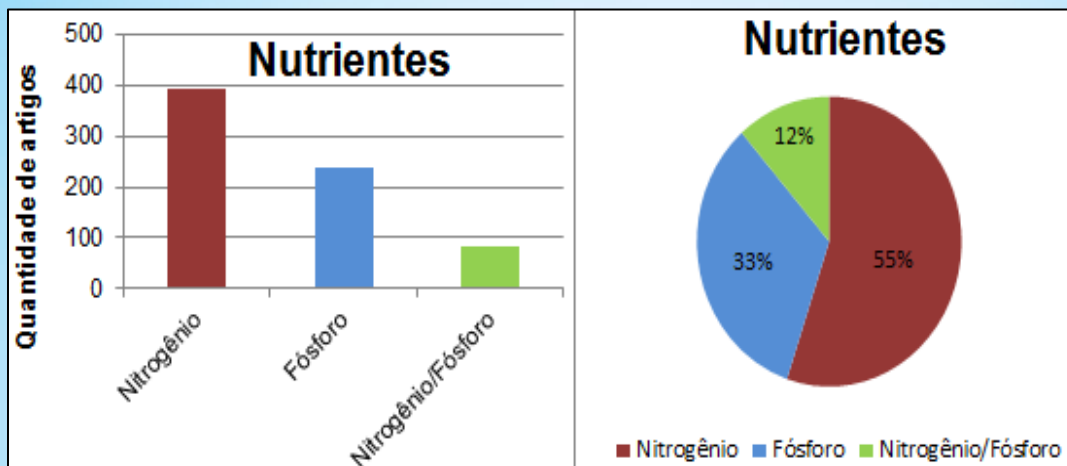
Efluentes industriais e agrícolas (52%)  
Qualidade da água de rios e mananciais (17%)  
Reúso agrícola de efluente tratado (7%)



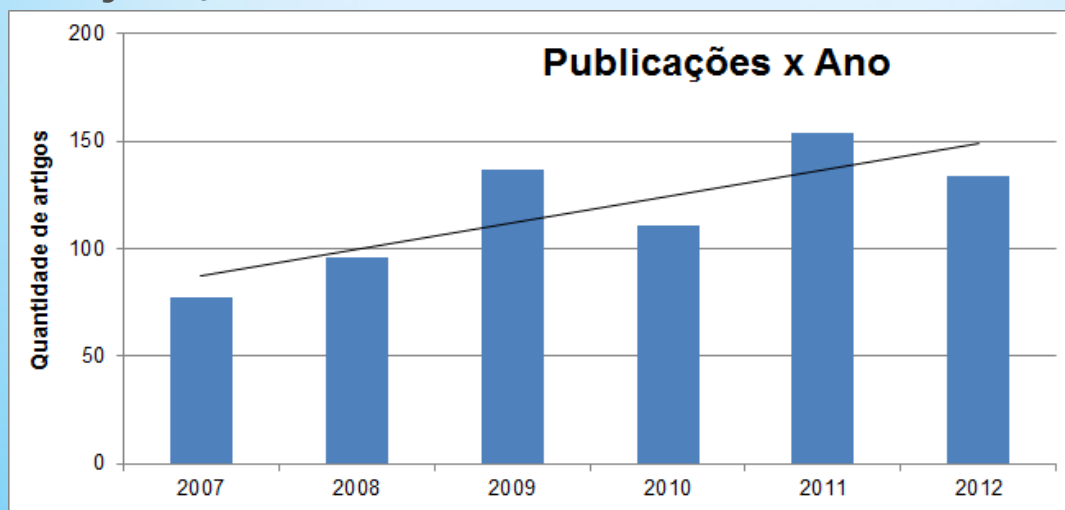


## Resultados

- Nutrientes

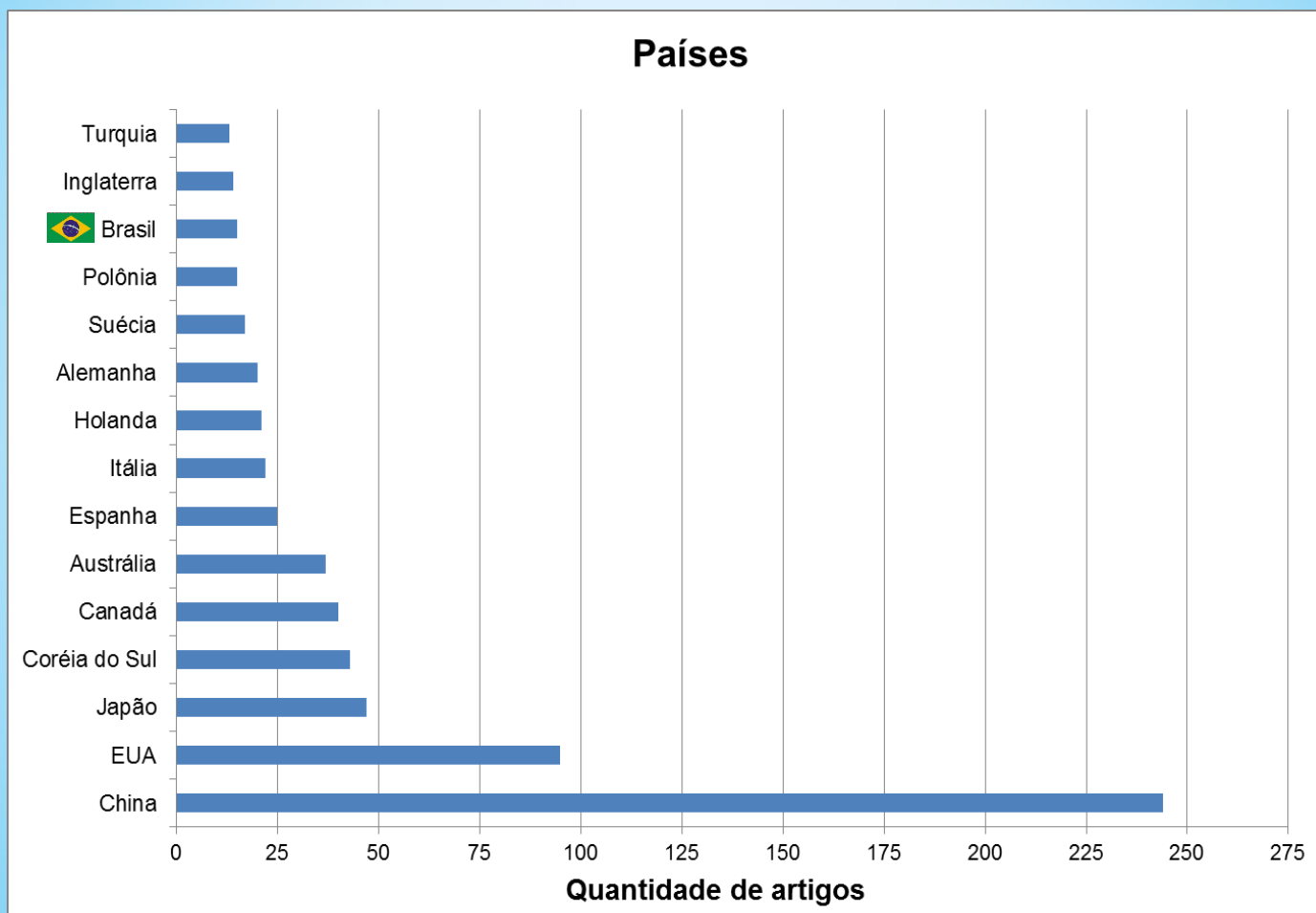


- Publicações/ano



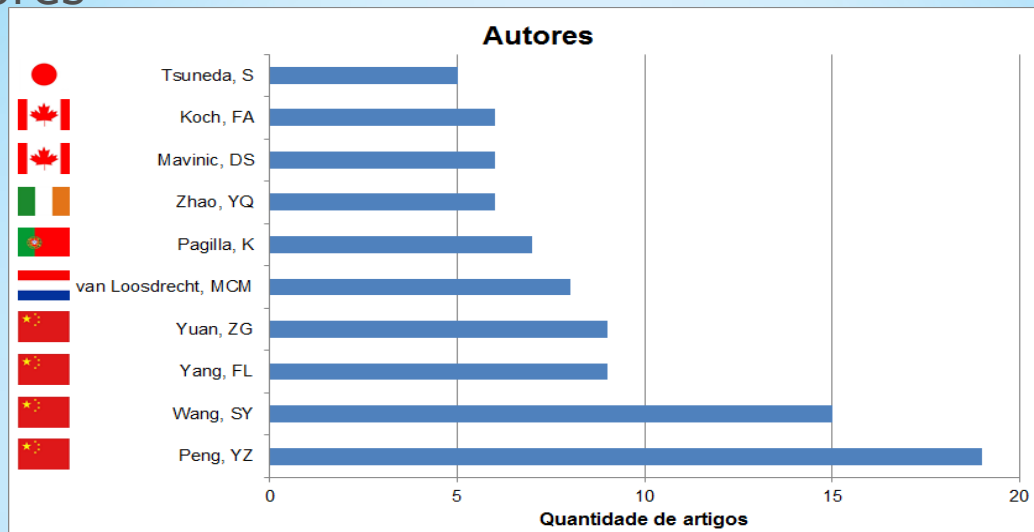
# Resultados

- Países



# Resultados

- Autores



- Organizações





## Resultados

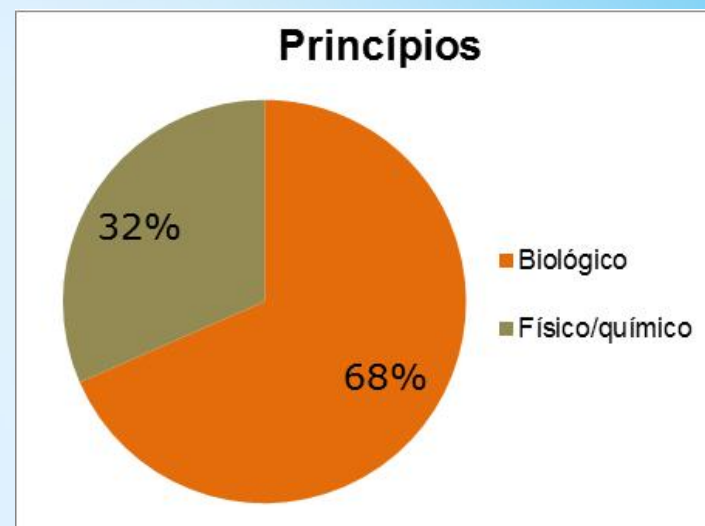
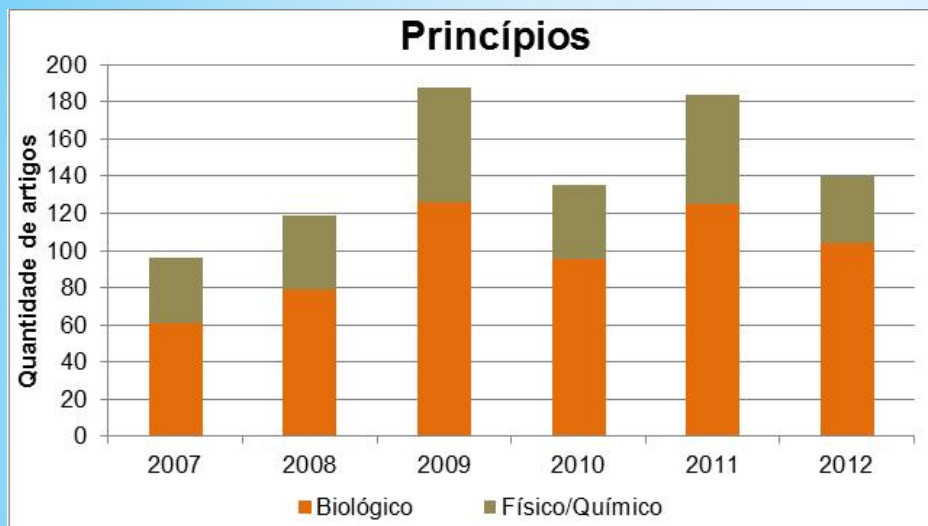
- Artigos mais citados

Título	Nº de vezes citado	Ano	País
Advances in enhanced biological phosphorus removal: From micro to macro scale	159	2007	Portugal
Nitrous oxide emission during wastewater treatment	70	2009	Holanda
Removal of ammonium ion from aqueous solution by natural Turkish (Yildizeli) zeolite for environmental quality	70	2007	Turquia
Removal of phosphate species from solution by adsorption onto calcite used as natural adsorbent	62	2007	Grécia
Hybrid anion exchanger for trace phosphate removal from water and wastewater	60	2007	EUA
Microbial fuel cells for simultaneous carbon and nitrogen removal	58	2008	Austrália
New aspects of microbial nitrogen transformations in the context of wastewater treatment - A review	55	2007	Alemanha
Ammonia-oxidizing communities in a highly aerated full-scale activated sludge bioreactor: betaproteobacterial dynamics and low relative abundance of Crenarchaea	48	2009	EUA
High nitrogen removal performance at moderately low temperature utilizing anaerobic ammonium oxidation reactions	42	2007	Japão
Demonstration of nitrogen removal via nitrite in a sequencing batch reactor treating domestic wastewater	39	2008	Austrália



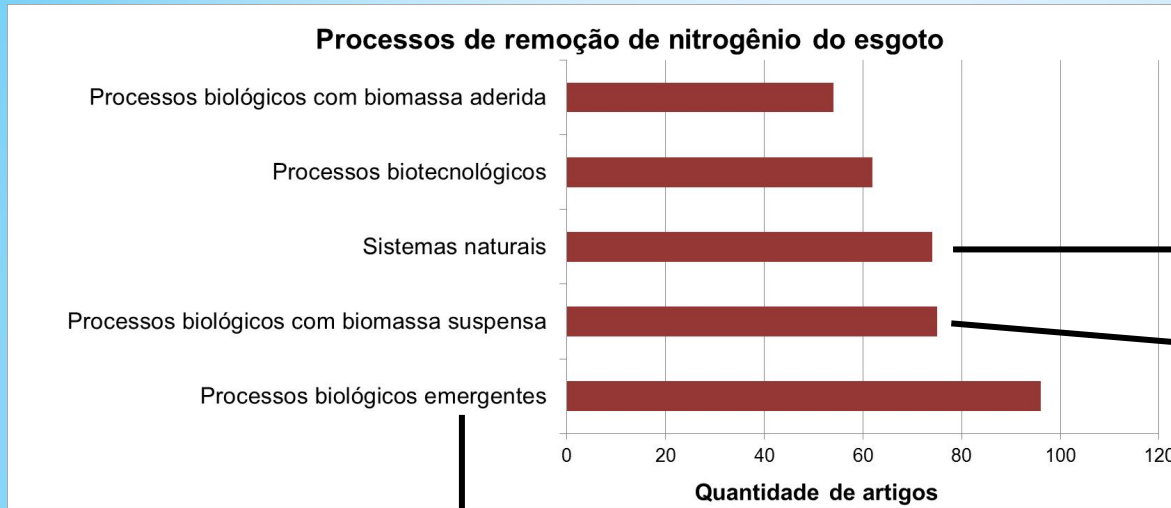
# Resultados

- Princípios



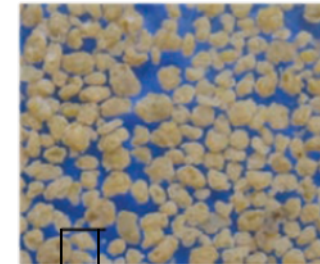
# Resultados

- Processos



Wetlands

Lodo Aeróbio Granular



2 mm

- Técnicas de **conversão nitrogênio** por novos caminhos, visando proporcionar **economias energéticas** e de **área**;
- Exemplos: SND, ANAMMOX, Nitrificação parcial, SHARON, Deamonificação anaeróbia/anóxica, OLAND, CANON

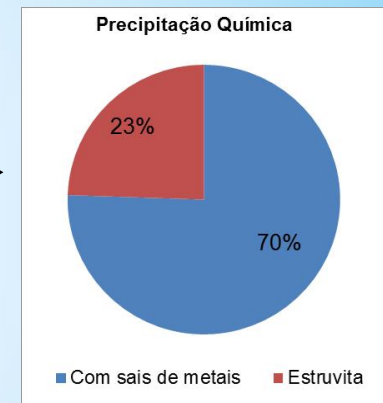
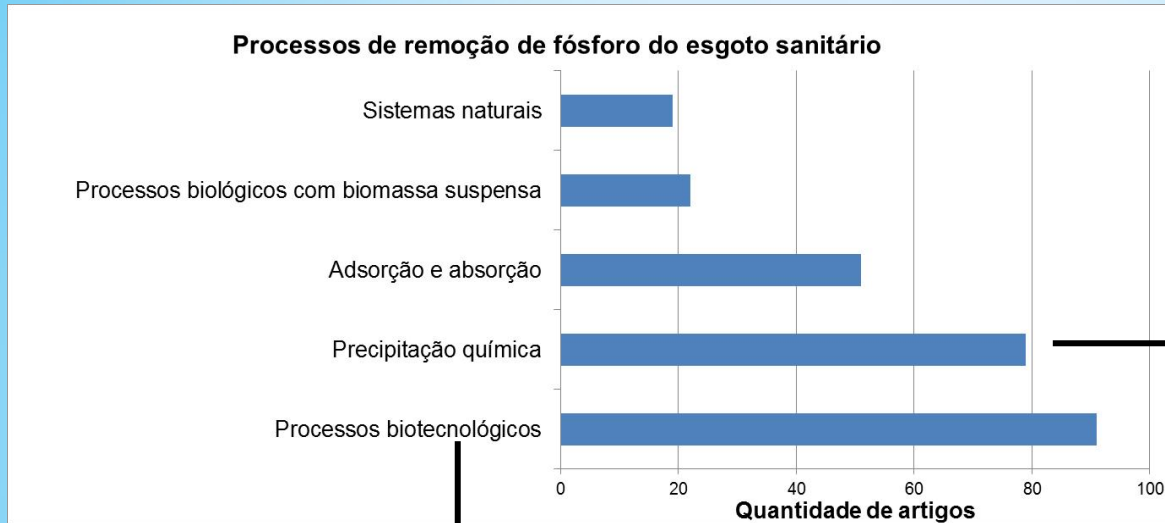
FONTE: PAREDES et al. 2007.

- Alta velocidade de sedimentação;
- Zonas aeróbias e anaeróbias (SND).

FONTE: GAO et al. 2011.

# Resultados

- Processos



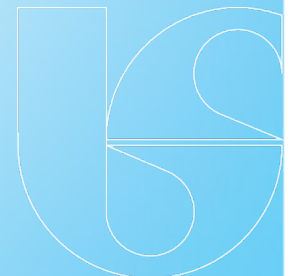
- EBPR (Enhanced Biological Phosphorus Removal): Processo de enriquecimento seletivo das bactérias acumuladoras de polifosfato inorgânico;

FONTE: DE-BASHAN & BASHAN, 2004.



## Conclusões

- **China** é o país **líder em publicações**, porém os artigos mais citados são de países referência em saneamento (como **Alemanha e Holanda**);
- Nutriente mais estudado e em ascensão foi o **Nitrogênio**, porém em **países desenvolvidos** a **remoção de fósforo** tem ganhado importância;
- Grande interesse em novos processos de transformação de nitrogênio, como o **SND** e outras vias alternativas (ANAMMOX, SHARON, OLAND, CANON, entre outros);





## Conclusões

- A **remoção de fósforo** continua sendo principalmente realizada por **processos físico-químicos**, porém outros processos tiveram destaque (como estruvita e EBPR → **possibilidade de recuperação**);
- Tecnologias em ascensão: **Lodo Aeróbio Granular, Processos Biotecnológicos, Novos processos de transformação do Nitrogênio e Wetlands.**



# Obrigado



**Nome: Allan Saddi Arnesen**

Cargo: Engenheiro

Dados para contato: Tel. (11)3388-9541

e-mail: [aarnesen@sabesp.com.br](mailto:aarnesen@sabesp.com.br)

[www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)

 @ciasabesp

 SaneamentoSabesp

 [www.facebook.com.br/oficialSabesp](http://www.facebook.com.br/oficialSabesp)

 [www.flickr.com/sabesp](http://www.flickr.com/sabesp)

