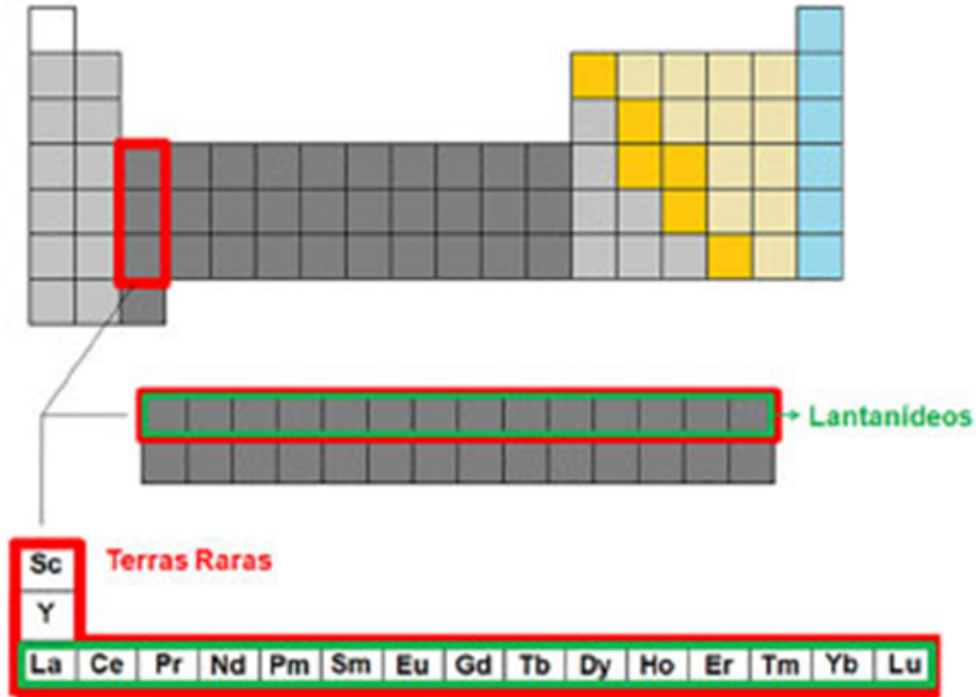


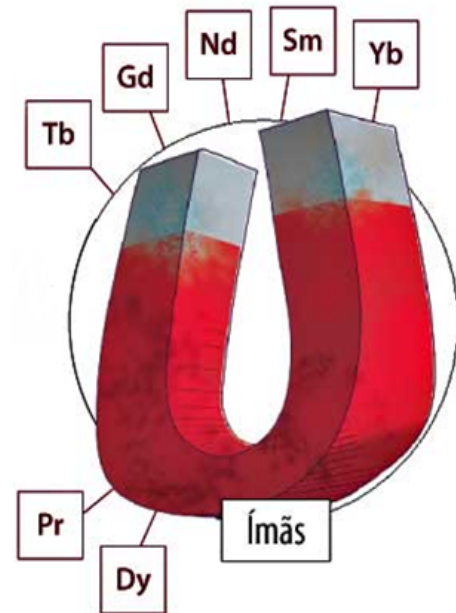
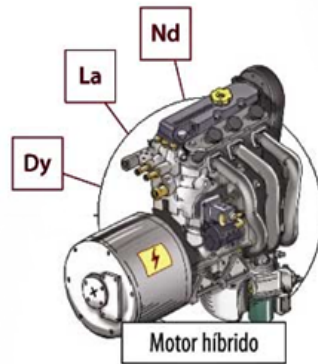
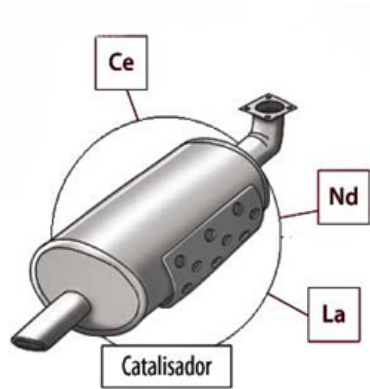
Efluentes hospitalares como fonte de Gadolínio no ambiente aquático

Grupo 6: Diogo Ceccacci, Douglas Fritzen, Gabriel Lorencil,
Jaqueline Alves e Lucas Porto.

Elementos Terras Raras (ETR)

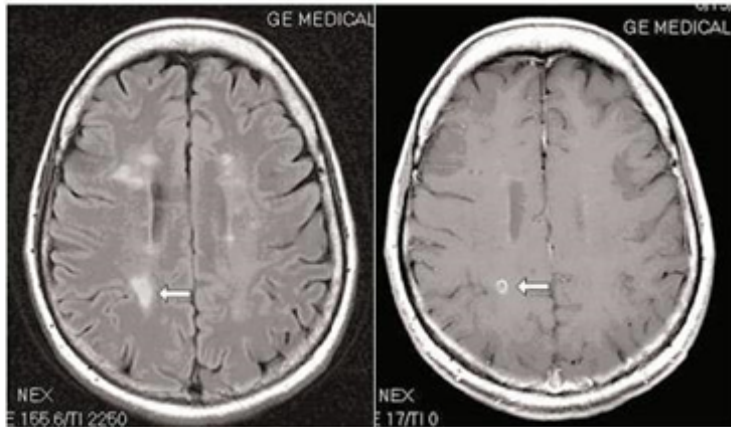


ETR e suas aplicações



Gadolínio(Gd) e seu uso hospitalar

- O quelato de Gadolínio vem sendo utilizado na medicina desde 1988 devido ao seu alto momento magnético, para gerar imagens de alta qualidade.



TOXICIDADE

- Gadolínio:
 - Alta toxicidade
 - Bioacumulação em tecidos
 - principalmente rins, alterando a função renal
 - Gd(III) e Gd-quelato possuem toxicidades diferentes
- LD50: Dose Letal que acarreta 50% da morte da população testada
 - LD50 de Gd(III) em ratos
 - 100~200mg/Kg
 - LD50 de Gd-quelato
 - pode aumentar em 100x sua toxicidade



TOXICIDADE

- Gd(III) x Gd-quelato
 - Apesar de ser mais tóxico, compostos quelatos de Gd possuem sua farmacocinética alterada
 - Gd-quelado é excretado rapidamente após exame de RM
 - Não bioacumulado
 - Não metabolizado
 - Mais seguro
- Quelatos de Gd não metabolizados:
 - Lado positivo:
 - Eficientes para o diagnóstico de RM
 - Eliminado facilmente pelo organismo
 - Lado negativo:
 - Totalmente eliminados nos efluentes hospitalares
 - Criam anomalia de Gd em corpos hídricos ([Gd] aumenta)

Fármacos contendo Gd

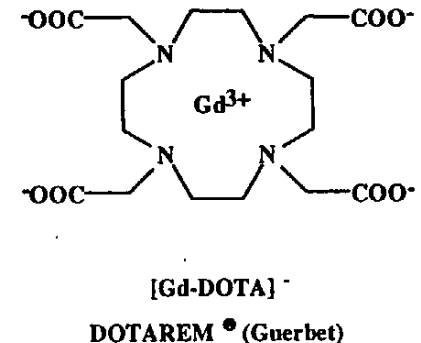
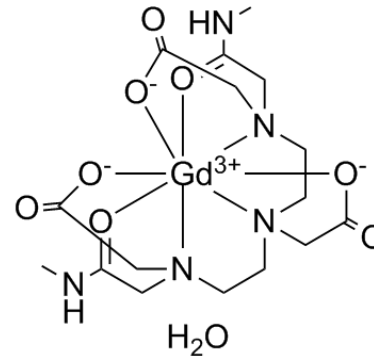
- **Agentes extracelulares**

- Iônico (Magnevist e Dotarem)
- Neutro (Omniscan, Prohance, Gadavist e OptiMARK)



- **Agentes intravasculares**

- Complexos de gadolínio de ligação à albumina (Ablavar e Ácido Gadocolético)
- Complexos de gadolínio poliméricos (Gadomelitol e Gadomer 17)





!!! COMPLICAÇÃO AMBIENTAL !!!



- Os compostos não metabolizados são excretados no sistema de esgoto hospitalares
- Compostos de Gd vão diretos para afluentes e não possuem tratamento específico adequado

Discussão do Artigo

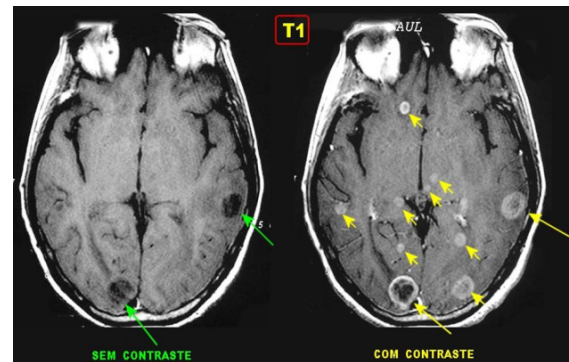
Hospital Effluents as a Source of Gadolinium in the Aquatic Environment

**KLAUS KÜMMERER* AND
ECKARD HELMERS†**

*Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene,
Universitätsklinikum Freiburg, Hugstetterstrasse 55,
D-79106 Freiburg i.Br., Germany, and Chemisches Institut im
Amt für Umweltschutz, Stafflenbergstrasse 81,
D-70184 Stuttgart, Germany*

Emissão de compostos de Gd utilizados em ressonância Magnética

- Entrada de Gd em hospitais alemães:
 - aproximadamente de 132 kg por ano, por hospital.
- Compostos de Gd geram um contraste na imagem.



Emissão de compostos de Gd utilizados em ressonância Magnética

- Compostos não metabolizados são excretados no sistema de esgoto hospitalar dentro de algumas horas após a aplicação.
- Concentração de Gd em afluentes de ETE:
 - Sempre se apresentaram abaixo do limite de detecção.
 - Não haviam outras descarga de Gd.



Emissão de compostos de Gd utilizados em ressonância Magnética

- Aparelhos de ressonância magnética:
 - emissão anual de Gd em água superficiais
 - aumento de 0,011 e 0,026 μg por L por hospitais e consultórios, respectivamente.
- Utilização/descarte de Gd em hospitais:
 - fonte antropogênica de Gd em águas superficiais.



Emissão de compostos de Gd utilizados em ressonância Magnética

- Complexos muito estáveis com água.
- Dificuldade de remoção durante o processo de tratamento/purificação.
- O íon de Gd forma complexos aquosos mesmo após o tratamento.

Emissão de compostos de Gd utilizados em ressonância Magnética

Materiais e Métodos:

1 - Amostragem:

- Amostrador automático; coleta a cada 10 min.
- Amostragem realizada em ciclos de 2h durante 24h ininterruptas em Junho de 1996 e Julho de 1997.
- No sistema de tratamento de esgoto municipal, a amostragem foi realizada da mesma forma, mas com captação nos pontos de entrada e saída da água da estação.

Emissão de compostos de Gd utilizados em ressonância Magnética

2- Método analítico e Garantia de qualidade

- Gadolínio foi quantificado via Espectrometria de Massa com fonte de plasma (ICP-MS).
- Quantificação dos principais isótopos: ^{156}Gd , ^{157}Gd , ^{158}Gd e ^{160}Gd .

3- Cálculos

- Dados de uso anual de contraste de Gd nos anos de 1994, 1996 e 1997 e o volume anual de água utilizada foram usados para o cálculo estimado da concentração do metal no efluente do Hospital nesses anos.

Emissão de compostos de Gd utilizados em ressonância Magnética

Resultados e discussão

Concentração medida no efluente hospitalar:

- Amostras coletadas a noite apresentavam concentração mais baixa.
- Presença de 350 mg/L de Gd na urina de pacientes 1 dia após a aplicação e até 7 µg/L 39 dias após a aplicação.
- Concentração de Gd no efluente do hospital entre 6 a 133 µg/L.

Emissão de compostos de Gd utilizados em ressonância Magnética

Quantidade Total de Gd emitida por hospitais Alemães

- Hospital da Universidade de Freiburg: emissão anual média de 1,2 g de Gd por leito por ano.
- Quantidade total na Alemanha foi extrapolada à partir dos dados coletados no Hospital de Freiburg.
- Emissão anual alemã: 120 a 132 kg de Gd.

Emissão de compostos de Gd utilizados em ressonância Magnética

Gd presente na estação de tratamento municipal

- As concentrações de Gd em efluentes e influentes da estação estavam abaixo de 1 $\mu\text{g/L}$.
- Entretanto levantamentos adicionais encontraram concentrações de 1,1 $\mu\text{g/L}$ de Gd no efluente da estação de tratamento de Berlim.
- E em regiões muito populosas, foi reportado aumento das concentrações de Gd em águas de rios, devido ao input antropogênico.
- Mas se o Gd não for eliminado na estação de tratamento, o input dos hospitais resultaria em um acréscimo na concentração de 0,003 a 0,011 $\mu\text{g/L}$ nas águas superficiais alemãs.

Solução Ambiental

- O Gd tem curta duração no corpo
 - média de 2h, após isso ele é
- Em meio aquoso:
 - Forma complexos mais estáveis com a água
 - o descarte para o esgoto é o método mais efetivo para evitar contaminação.
- Banheiros separados para pacientes que usaram contraste com Gd, é uma solução fácil para a separação dos contaminantes.



Solução Ambiental

- Outra possível solução seria o tratamento de resíduos hospitalares separados dos urbanos.
- O tratamento em conjunto aumenta a diluição dos resíduos e prejudica o tratamento.



Solução Ambiental

- O Gd antropológico já é encontrado em diversos lugares do mundo, inclusive já foi encontrado em peixes e algas.
- Sendo assim a melhor solução seria o desenvolvimento de uma técnica de extração do Gd eficiente.
- Os métodos atuais são ineficientes uma vez que já é comprovado que o Gd não é todo eliminado após o tratamento.

Referências Bibliográficas

1. **Evaluating the Behavior of Gadolinium and Other Rare Earth Elements through Large Metropolitan Sewage Treatment Plants;** Philip L. Verplanck, Edward T. Furlong, James L. Gray, Patrick J. Phillips, Ruth E. Wolf, and Kathleen Esposito; *Environmental Science & Technology* 2010 44 (10), 3876-3882
2. **Speciation Analysis of Gadolinium Chelates in Hospital Effluents and Wastewater Treatment Plant Sewage by a Novel HILIC/ICP-MS Method;** Jens Künnemeyer, Lydia Terborg, Björn Meermann, Christine Brauckmann, Ines Möller, Andy Scheffer, and Uwe Karst; *Environmental Science & Technology* 2009 43 (8), 2884-2890
3. **Anthropogenic gadolinium as a microcontaminant in tap water used as drinking water in urban areas and megacities;** Serkan Kulaksız, Michael Bau; *Applied Geochemistry*, Volume 26, Issue 11, 2011, Pages 1877-1885
4. **Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants and sustainable treatment options;** P. Verlicchi, A. Galletti, M. Petrovic, D. Barceló; *Journal of Hydrology*, Volume 389, Issues 3–4, 2010, Pages 416-428
5. **Determination of gadolinium in river water by SPE preconcentration and ICP-MS;** Kristina Hennebrüder, Rainer Wennrich, Jürgen Mattusch, Hans-Joachim Stärk, Werner Engewald; *Talanta*, Volume 63, Issue 2, 2004, Pages 309-316
6. **Bioaccumulation of the rare earth elements lanthanum, gadolinium and yttrium in carp (*Cyprinus carpio*);** Tu Qiang, Wang Xiao-rong, Tian Li-qing, Dai Le-mei; *Environmental Pollution*, Volume 85, Issue 3, 1994, Pages 345-350
7. **Anthropogenic origin of positive gadolinium anomalies in river waters;** Michael Bau, Peter Dulski; *Earth and Planetary Science Letters*, Volume 143, Issues 1–4, 1996, Pages 245-255