



21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

SISTEMAS HIDRÁULICOS INDUSTRIAIS: ESTADO DA ARTE DOS FLUIDOS ÓLEO E ÁGUA

Renato Oliveira Moura, renamoura19@gmail.com¹
Ravi Cavedagne Souza, ravi.c.souza@gmail.com¹
Wesley Lavoisier dos Santos, wesley.lavoisier@gmail.com¹
Thiago Benevides Rios Bucar, thiagobrbucar@gmail.com¹
André Pimentel Moreira, apmoreira@ifce.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Fortaleza, Av. Treze de Maio, 2081, CEP 60040-215, Fortaleza, CE, Brasil

Resumo: Na indústria atual usualmente há uma preferência pela utilização de óleos em sistemas hidráulicos, no entanto avanços recentes no campo de ciência dos materiais e a crescente preocupação com os danos causados ao meio ambiente devido ao vazamento de óleos tem incentivado cada vez mais a troca desse fluido pela água. Este artigo se propõe a expor o estado da arte dessas tecnologias e fazer um comparativo entre a utilização de ambos os fluidos, destacando suas características, vantagens e desvantagens e aplicações.

Palavras-chave: sistemas hidráulicos, ciência dos materiais, meio ambiente

1. INTRODUÇÃO

Geralmente os equipamentos que trabalham com componentes em movimento necessitam de um óleo específico para amenizar o atrito entre suas partes móveis ou realizar a transmissão de potência (SENAI, 1997).

Estes óleos possuem periodicidade de troca elevada, principalmente por contaminação e elevada taxa de vazamentos das máquinas industriais, que geralmente não possuem manutenção adequada. Esses vazamentos acarretam na liberação de óleo no meio ambiente, um poderoso agente tóxico, rico em metais pesados, ácidos orgânicos, hidrocarbonetos e dioxinas (ABNT, 2004).

Os riscos ambientais e os altos custos de aquisição e produção desencadearam pesquisas ao redor do mundo com o objetivo de encontrar um substituto economicamente viável e que traga vantagens ambientais na sua utilização. A água se encaixa neste perfil, porque é abundante e bastante maleável em processos industriais, além de sua extensa disponibilidade.

2. HISTÓRICO DA UTILIZAÇÃO DOS FLUIDOS

Atualmente nos sistemas hidráulicos são usados, para transmitir pressão, diversos tipos óleos minerais e sintéticos. O óleo dominou o campo da tecnologia hidráulica por possuir uma maior viscosidade e poder de lubrificação, os quais facilitam o projeto e manufatura de componentes que tenham uma longa vida útil e exibam elevada eficiência volumétrica.

A utilização de água pressurizada é datada desde 2000 anos atrás em sistemas usados por Arquimedes, pelos egípcios e romanos (Varandili, 1999). Entretanto, o uso de água em sistemas hidráulicos caiu muito desde a virada do século XX devido a criação de sistemas a óleo a partir de 1906, e ao rápido desenvolvimento da força elétrica, que provia alta voltagem à longas distâncias e meios mais precisos de controle de maquinário (Riipinen *et al.*, 2003 e Trostmann, 1996).

Com os avanços da eletrohidráulica e da invenção das servoválvulas os sistemas óleo-hidráulico tiveram consideráveis avanços. Desde então, sistemas que utilizavam água não eram mais uma fonte competitiva de transmissão de força e eram utilizados apenas em ambientes onde era inadmissível o risco de contaminação ou riscos referentes a fogo (Holingworth, 1995 e Trostmann *et al.*, 2001).

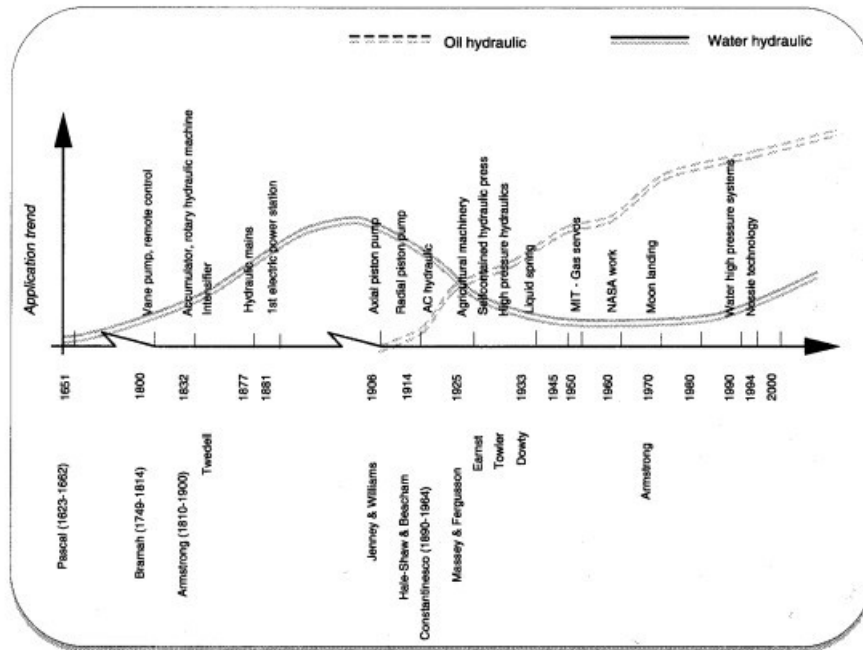


Figura 1: **Desenvolvimento Histórico da hidráulica de óleo e água.** (Conrad, 1998).

2.1 Declínio do Uso da Água

Durante a maior parte do século vinte a água não tinha como competir com o óleo nos sistemas hidráulicos pelos seguintes fatores (Krutz e Chua, 2004):

- **Corrosão:** Devido a presença de gases dissolvidos na água e também a presença de micro-organismos, os componentes dos sistemas hidráulicos, bem como a tubulação, sofria muito com a corrosão. Desde modo era necessário um maior investimento em materiais resistentes a corrosão ou inibidores químicos.
- **Congelamento:** A água ao congelar se expande em torno de 9% do seu volume, causando assim danos ao sistema. Devido ao congelamento da água se dar em uma temperatura muito maior que a do óleo mineral, em aplicações a baixas temperaturas é necessário que haja um sistema de aquecimento de água ou utilização de agentes químicos.
- **Baixa viscosidade:** A água possui uma viscosidade, em média, 29 vezes menor que a do óleo mineral (20°C, 1 atm). Isso significa que haverá menor perda de poder por atrito, mas também significa maiores vazamentos, gerando assim perda de força no sistema. Usando as mesmas tolerâncias e folgas que são utilizadas nos sistema a óleo, a água possui um maior índice de vazamento. Para se manter o mesmo índice de vazamento do óleo, a folga, considerando fluxo laminar, da água seria no máximo um terço da do óleo (Varandili, 1999). Se a mesma folga é utilizada para os componentes, a taxa de vazamento da água é de 30 vezes a do óleo (Varandili, 1999 e Backe, 1999). Baixa viscosidade também significa alta velocidade e maior turbulência, portanto aumenta o índice de corrosão e diminui o índice de formação de placa biológica. Esse rápido fluxo nas válvulas chega a representar 50% a mais de água fluindo pela mesma seção (Backe, 1999) o que aumenta a velocidade e a resposta do sistema em comparação com o óleo.
- **Micro-organismos:** Crescimento microbiótico no sistema hidráulico a água se traduz em um aumento na fricção do fluido e consumo de energia, reduz a capacidade e aumenta a corrosão induzida por micro-organismos. Os resultados são incrustações, mal odores e entupimentos. Seu crescimento se dá principalmente em filtros, onde há maior área de superfície (Aaltonen *et al.*, 1999 e Hilbrecht, 2000).
- **Módulo de elasticidade elevado:** O efeito martelo da água é muito superior ao do óleo devido ao maior módulo de elasticidade da água, embora contribua para oferecer ao sistema uma resposta melhor e mais precisa.
- **Cavitação:** Isso se deve aos gases dissolvidos na água, ao ar embarcado na tubulação, a alta pressão de vapor da água e a súbita mudança da velocidade do fluido no sistema hidráulico. A alta pressão de vapor da água é cerca de 107 vezes maior que a do óleo, tornando esses sistemas altamente suscetíveis a cavitação que gera a erosão interna dos componentes. Um modo de redução da cavitação é a utilização de algum sistema de refrigeração no sistema água-hidráulico. Com isso reduz-se o depósito de resíduos, o crescimento de bactérias e os gases dissolvidos na água. A temperatura recomendada para sistemas água-hidráulicos é entre 3°C-50°C (Troostmann, 1996).

- Depósitos de resíduos: São afetados pelo aumento de temperatura e evaporação da água. A dismineralização da água evita a formação das placas, mas em contrapartida aumenta a acidez da água, devido a dissolução de dióxido de carbono, aumentando assim a corrosão. Isso também diminui a lubrificação do sistema, pois se tem a remoção dos íons de cálcio e magnésio. Contudo pode-se utilizar um condicionador magnético para evitar a formação e dissolver as placas existentes devido ao campo magnético tornar as estruturas cristalinas instáveis (Varandili, 1999).
- Lubrificação deficiente: Comparado com o óleo, a água é um mau lubrificante. Durante maior parte do século XX não existia tecnologia avançada o suficiente para oferecer um material com baixo coeficiente de atrito ou que não necessitasse de lubrificação que suportassem corrosão. Enquanto o óleo já possui uma quantidade significativa de aditivos para ajudar na sua lubrificação, a água depende de componentes especiais, revestimentos e adições de lubrificantes.

2.2 Ressurgimento do Uso do Sistema Hidráulico a Base de Água

O uso de óleo nos sistemas hidráulicos continuava a crescer desde o início do século XX, mas, em meio dos anos 70, países industrializados começaram a ficar preocupados com as questões ambientais, segurança e problemas de saúde.

Já nos anos 80, a preocupação com os problemas citados, resultou em uma procura por fluidos bio-degradáveis para serem usados nos sistemas hidráulicos. Com isso a água voltou a ser considerada um fluido viável para as aplicações. Durante os anos 90 o mundo presenciou a retomada da tecnologia moderna da hidráulica da água e a fabricação de seus componentes por indústrias ao redor do mundo.

De acordo com Krutz e Chua (2004), as preocupações da indústria e do público sobre o uso de óleo mineral se deve aos seguintes fatores:

- Aumento da consciência de segurança: Quando usa-se óleo mineral nas aplicações, tem-se a constante preocupação com vazamentos e espirros do fluido que podem causar incêndios, principalmente em indústrias que já possuem produtos que são altamente inflamáveis ou explosíveis.
- Maior proteção ambiental: Recentemente os efeitos adversos dos óleos utilizados ficaram bem conhecidos e isso se torna uma questão tanto política como pública. Como os vazamentos de óleo se tornaram bastante preocupantes, as corporações tiveram que se empenhar em obter um meio de produção mais ambientalmente amigável para uma melhor imagem “verde” da empresa. Contudo emulsões de água/óleo continuam causando danos e os bio-óleos são lentamente degradáveis (Trostmann, 1996; Backe, 1999 e Trostmann e Clausen, 1995). Estima-se que a cada 100.000 barris de óleo 2,7 sejam perdidos por conta de vazamentos e derramamentos nos Estados Unidos (Etkin, 2009).
- Saúde dos consumidores: Com o desenvolvimento mundial, as pessoas ficam mais instruídas e preocupadas com o que elas consomem e como isso influenciará em sua saúde. Portanto, é importante para a indústria garantir que seus produtos não oferecem riscos a saúde. Contaminações podem ocorrer em vários setores através de vazamento de óleo e deposição de vapor de óleo (Backe, 1999).
- Custos de manufatura: o aumento da competição do mercado faz com que métodos com menores custos se tornem mais apelativos para as indústrias, logo a água com uma cadeia de produção bem mais barata, torna-se um fluido atrativo.
- O avanço na tecnologia em: materiais altamente resistentes a corrosão e aço inoxidável de baixo custo, precisão do maquinário que produzem peças com tolerâncias menores, consequentemente diminuem os vazamentos, materiais livres de lubrificação, redução de crescimento microbial e substâncias anti-congelamento mais amigáveis ao meio-ambiente.

O uso da água como fluido tem algumas vantagens em relação ao óleo. Dentre as vantagens, segundo Trostmann (1996) e Trostmann e Clausen (1995), pode-se destacar:

- Água não apresenta perigo ambiental. Isso reduz o custo de compra, armazenamento e disposição, pois a água não é tóxica ao meio ambiente.
- Ambiente da indústria mais limpo, pois quaisquer vazamentos de água simplesmente irão evaporar sem deixar resíduos. Mesmo com sistemas de detecção de vazamento mais rápidos e eficazes como os implementados em Son *et al.* (2011), Yi-bo e Li-ying (2009) e Mohammadi *et al.* (2015), pequenos vazamentos já prejudicam a limpeza do ambiente.
- Água não é um recurso escasso e é naturalmente reciclável. Existem até mesmo sistemas que utilizam água salgada.
- Água encanada em muitos países é higiênica. Isso faz com que não haja contaminação de produtos em caso de vazamento.
- A água é não-inflamável. Portanto usar água não apresenta riscos com fogo.

- Usando água na linha de produção significa que operários não irão ficar expostos a perigosos vapores de óleos.
- Menor seguro a ser pago devido sua não toxicidade e não inflamabilidade.
- A condutividade térmica da água é de 4-5 vezes a do óleo (Trostmann e Clausen, 1995). Logo o sistema tende a precisar de menos refrigeração, reduzindo-se assim os custos.
- Menor solutibilidade do ar em água do que em óleo. Óleo mineral tem cerca de 5 vezes mais ar na solução o que acarreta problemas de precisão e rigidez do sistema.
- Custos de manufatura tornam-se menos dependentes das flutuações do mercado de petróleo.

3. ESTADO DA ARTE DA ÁGUA COMO FLUIDO HIDRÁULICO

3.1 Estudos sobre Performance e Materiais

A comunidade acadêmica e industrial tem se dedicado a desenvolver estudo comparativos e selecionar materiais que provenham melhores características em sistemas água-hidráulicos.

Majdič *et al.* (2007) e Kalin *et al.* (2008) realizaram estudos tribológicos de sistemas hidráulicos de potência a água com diversos materiais e o efeito dos mesmos na performance do sistema.

Majdič *et al.* (2011) realizou testes do tempo de vida de uma válvula de controle deslizante proporcional 4/3 vias, os quais mostraram que uma melhor filtragem da água poderia manter as características de trabalho da válvula por um número de ciclos maior que o requisitado em aplicações industriais.

Kalin *et al.* (2012) realizou testes nas vedações e guias de um cilindro hidráulico a água para investigar o comportamento tribológico dos contatos deslizantes com duas diferentes combinações de materiais, os quais demonstraram uma performance maior da primeira combinação de Politetrafluoretileno com um componente de bronze (PTFE B602) em relação ao comumente utilizado Poliuretano.

Yang *et al.* (2008) fala sobre a força de fluxo presente em válvulas de carretel, a qual está diretamente ligada a performance dinâmica do sistema inteiro. Analisou ainda os efeitos da geometria, largura de abertura e queda de pressão nos ângulos de fluxo. Os resultados mostraram que a geometria e largura de abertura tem grande influência nos ângulos de fluxo e que a válvula de carretel com geometria de arco é um bom inibidor da cavitação e pode aumentar bastante os ângulos de fluxo, assim aumentando a performance do sistema.

3.2 Estudos sobre Técnicas de Controle

Pham e Ito (2015) desenvolveram um sistema de detecção de carga digital para um servo sistema água-hidráulico usando válvulas *on/off*, que foi capaz de seguir rapidamente a pressão de referência, garantindo, desse modo, a performance do sistema e aumentando a eficiência do mesmo.

Ito *et al.* (2006) aplicou um controlador por modos deslizantes juntamente com um observador de perturbação para controlar a velocidade angular de um motor água-hidráulico com sucesso, obtendo erros de estado permanente a níveis de resolução do sensor para diferentes cargas.

Yamada e Ito (2012) realizaram experimentos com um controlador adaptativo simples em um servo cilindro água-hidráulico e comparou a resultados anteriores de um controlador PI convencional e um controlador adaptativo por modelo de referência.

Kobayashi e Ito (2015) propuseram um método para estimação de deslocamento de músculos de *McKibben* (músculos artificiais) acionados por água por meio de dois medidores de vazão. O controle de deslocamento com o método do proposto conseguiu compensar efeitos da carga e o erro estimado ficou abaixo de 2 mm.

3.3 Estudos sobre Comparações entre Água e Óleo

Dubus *et al.* (2010) implementou um sistema telemanipulado água-hidráulico e comparou com o equivalente a óleo, e verificou que o sistema a água tem performance igual ou superior do que o mesmo a óleo, além de realizar testes por 500 horas seguidas que não resultou em nenhum desgaste evidente.

Majdič e Pezdirnik (2008) montaram um equipamento de teste idêntico ao de um sistema utilizando óleo e confirmou um bom controle das variáveis medidas e a possibilidade de seu uso para pesquisas na área. A Figura 2 ilustra parte do equipamento de teste utilizado por Majdič e Pezdirnik (2008).

Watanabe *et al.* (2009) realizou experimentos com um novo design de servoválvula para pequenas aplicações para controle de um manipulador hidráulico de pequeno porte. Os resultados dos experimentos e simulações demonstraram uma boa controlabilidade em relação ao uso do óleo, além da diminuição de vazamentos.

Yang *et al.* (2009) comparou uma perna robótica hidráulica com dois graus de liberdade acionadas por água, em relação a sua equivalente acionada por óleo. Os resultados demonstraram que a perna acionada por água possui menor absorção de energia, maior velocidade de resposta, maior precisão de posição, mais estabilidade, banda de frequência maior e picos de pressão maiores, além de suas pressões transitórias com longos tempos de acomodação em relação ao sistema a óleo. O ruído causado por essas características de pressão pode ser diminuído pela utilização de acumuladores para absorver os pulsos de pressão.



Figura 2: Equipamento de testes da Universidade de Ljubljana (Majdič e Pezdirnik, 2008).

4. APLICAÇÕES DE SISTEMAS HIDRÁULICOS COM ÁGUA

Várias aplicações da tecnologia hidráulica a água já podem ser encontradas comumente na indústria, especialmente onde há uma real necessidade dos benefícios mencionados anteriormente. Dentre os segmentos da indústria que se destacam na utilização da água como fluido hidráulico pode-se mencionar as indústrias de processamento de alimentos, farmacêutica, construção civil, química, manufatura de explosivos e fogos de artifício, mineração, agropecuária, papel e madeira e energia hidrelétrica e nuclear. Na Figura 3 são apresentados exemplos de aplicações de sistemas hidráulicos utilizando água.



(a) Serra para processamento de carne (Hitchcox, 2012).



(b) coleta de lixo com acionamentos hidráulicos à água (Hitchcox, 2012).



(c) Empilhadeira com componentes hidráulicos à água (Hitchcox, 2012).



(d) Máquina de corte por jato de água (Smart, 2016).

Figura 3: Exemplos de aplicações de sistemas hidráulicos utilizando água (Hitchcox, 2012 e Smart, 2016).

5. CONCLUSÃO

A tecnologia hidráulica a água tem se desenvolvido bastante nos últimos anos, principalmente devido a crescente preocupação com o fator ecológico e resistência a incêndios, no entanto ainda há barreiras que impedem seu uso extensivo na indústria.

Há a necessidade de o sistema ser confiável, no sentido de poder trabalhar por longos períodos de quebra sem grandes riscos de quebra para aplicações em geral, além de um controle da composição da água utilizada para garantir que o sistema opere em pressão ótima e também desenvolver componentes de tal forma que aumentem a robustez do sistema.

É preciso também alcançar um controle mais preciso, com melhores características dinâmicas, o qual é possível pelo desenvolvimento de válvulas de controle, técnicas de controle e atuadores mais eficientes.

Por último, o preço dos componentes ainda é relativamente caro, devido ao uso de materiais mais caros e a quantidade de componentes produzidos ser baixa.

Mesmo com essas dificuldades essa tecnologia tende a se desenvolver nas próximas décadas e assumir um lugar de destaque nas aplicações hidráulicas.

6. REFERÊNCIAS

- Aaltonen, J., Soini, S., Koskinen, K., Vilenius, M. e Puhakka, J., 1999. "Filters and microbial growth in water hydraulic system". In *Scandinavian international conference on fluid power*. pp. 153–168.
- ABNT, 2004. "ABNT NBR 10004 resíduos sólidos – classificação". ABNT NBR 10004:2004, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ.
- Backe, W., 1999. "Water- or oil-hydraulics in the future". In *Scandinavian international conference on fluid power*. pp. 51–65.
- Conrad, F., 1998. "Why use tap water hydraulic systems? it's a natural approach". In *Proceedings of the International Workshop on Water Hydraulic Systems and Application*. Lyngby, Denmark, Paper No. 12.
- Dubus, G., David, O. e Measson, Y., 2010. *From oil to pure water hydraulics, making cleaner and safer force feedback high payload telemanipulators*. INTECH Open Access Publisher.
- Etkin, D.S., 2009. "Analysis of u.s. oil spillage". Technical report, API - American Petroleum Institute, Washington, USA.
- Hilbrecht, B., 2000. "Water as pressure medium in water hydraulic systems". In *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL CONFERENCE ON FLUID POWER*. Vol. 48, pp. 555–560.
- Hitchcox, A., 2012. "Water hydraulics: Benefits and limitations". <http://hydraulicspneumatics.com/200/TechZone/HydraulicFluids/Article/False/6452/TechZone-HydraulicFluids>. Acessado em: 15/04/2016.
- Holingworth, B., 1995. "Water hydraulics in its historical context". *The Fourth Scandinavian International Conference on Fluid Power*, pp. 842–858.
- Ito, K., Takahashi, H., Ikeo, S. e Takahashi, K., 2006. "Robust control of water hydraulic servo motor system using sliding mode control with disturbance observer". In *2006 SICE-ICASE International Joint Conference*. pp. 4659–4662.
- Kalin, M., Pezdirnik, J. e Majdič, F., 2008. "Tribological study of material combinations for continuous control valves used in water hydraulics". In *Proceedings of Society of Tribologist and Lubrication Engineers*. Cleveland, USA.
- Kalin, M., Pezdirnik, J. e Majdič, F., 2012. "Friction investigations in a water hydraulic cylinder". In *Proceedings of 8th International Fluid Power Conference*. Dresden, Germany.
- Kobayashi, W. e Ito, K., 2015. "Displacement estimation of tap-water driven mckibben muscles". In *Fluid Power and Mechatronics (FPM), 2015 International Conference on*. pp. 672–676.
- Krutz, G.W. e Chua, P.S.K., 2004. "Water hydraulics — theory and applications 2004". In *Workshop on Water Hydraulics, Agricultural Equipment Technology Conference (AETC'04)*. pp. 8–10.
- Majdič, F., Pezdirnik, J. e Kalin, M., 2011. "Experimental validation of the lifetime performance of a proportional 4/3 hydraulic valve operating in water". *Tribology International*, Vol. 44, No. 12, pp. 2013–2021.
- Majdič, F. e Pezdirnik, J., 2008. "Advances in water power-control hydraulics experimental research". *Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 54, No. 12, pp. 841–849.
- Majdič, F., Pezdirnik, J. e Kalin, M., 2007. "Tribological investigations of materials for water hydraulics". In *Proceedings of the European conference on tribology and final conference of COST 532 action*. Ljubljana, Slovenia, pp. 541–553.
- Mohammadi, M., Nikbakht, A. e Bavalishoar, A., 2015. "Fuel oil leak detection in power plant with recurrent neural network and execute in programmable logic controller". In *2015 2nd International Conference on Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI)*. pp. 927–932.
- Pham, P.N. e Ito, K., 2015. "A simulation of digital load sensing system for water hydraulics". In *Systems Engineering (ISSE), 2015 IEEE International Symposium on*. pp. 118–123.
- Riipinen, H., Soini, S., Varjus, S., Puhakka, J., Koskinen, K. e Vilenius, M., 2003. *Current understanding of pressure medium quality and quality control in water hydraulics*, Tampere University of Technology, pp. 89–104.
- SENAI, 1997. "Lubrificação - mecânica". Technical report, SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Vitória - ES.
- Smart, 2016. <http://www.smart-group.co.uk/cnc/waterjetcutting.htm>. Acessado em: 15/04/2016.

- Son, K.S., Choi, Y.C. e Park, J.W., 2011. "Oil leakage monitoring system by using image processing". In *Control, Automation and Systems (ICCAS), 2011 11th International Conference on*. pp. 355–356.
- Trostmann, E., Frolund, B., Olesen, B.H. e Hilbrecht, B., 2001. *Tap Water as a Hydraulic Pressure Medium*. Marcel Dekker, Inc., New York, USA:.
- Trostmann, E., 1996. *Water hydraulics control technology*. Marcel Dekker, Inc., New York, USA:.
- Trostmann, E. e Clausen, M., 1995. "Hydraulic components using tap water as pressure medium". In *Proceedings of the 4th Scandinavian International Conference on Fluid Power*. Vol. 2, pp. 942–954.
- Varandili, E., 1999. "Properties of tap water as a hydraulic pressure medium: The physical properties of water." *The Sixth Scandinavian International Conference on Fluid Power*, Vol. 1, No. 1, pp. 113–127.
- Watanabe, T., Inayama, T. e Takeo, O., 2009. "Design concept of small flow rate servo valve for water hydraulic system". In *System Integration, 2009. SII 2009. IEEE/SICE International Symposium on*. pp. 1–6.
- Yamada, T. e Ito, K., 2012. "Simple adaptive control of water hydraulic servo cylinder system". In *2012 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*. pp. 1044–1049.
- Yang, Y.S., Semini, C., Tsagarakis, N.G., Caldwell, D.G. e Zhu, Y., 2008. "Water hydraulics - a novel design of spool-type valves for enhanced dynamic performance". In *2008 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*. pp. 1308–1314.
- Yang, Y., Semini, C., Guglielmino, E., Tsagarakis, N.G. e Caldwell, D.G., 2009. "Water vs. oil hydraulic actuation for a robot leg". In *Mechatronics and Automation, 2009. ICMA 2009. International Conference on*. IEEE, pp. 1940–1946.
- Yi-bo, L. e Li-ying, S., 2009. "Leakage detection and location for long range oil pipeline using negative pressure wave technique". In *2009 4th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*. pp. 3220–3224.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

INDUSTRIAL HYDRAULICS SYSTEMS: STATE OF THE ART OF THE FLUIDS OIL AND WATER

Renato Oliveira Moura, renamoura19@gmail.com¹

Ravi Cavedagne Souza, ravi.c.souza@gmail.com¹

Wesley Lavoisier dos Santos, wesley.lavoisier@gmail.com¹

Thiago Benevides Rios Bucar, thiagobrbucar@gmail.com¹

André Pimentel Moreira, apmoreira@ifce.edu.br¹

¹Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará - Fortaleza Campus, Treze de Maio avenue, 2081, zip code 60040-215, Fortaleza, CE, Brazil

Abstract: In the current industry environment, there is a preference for the use of oil based hydraulics systems, however new researches in the materials science field and the increasing concern with environment damage caused by oil leakage has encouraged its substitution by water. This paper purpose is to present the state of art of these technologies and make a comparison between both fluids, highlighting their characteristics, benefits and drawbacks and applications.

Keywords: hydraulics systems, materials science, natural environment