

ESTUDO DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA VOLTADO A MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS PARA TUBULAÇÕES DE ÁGUA E ESGOTO

Bruno Sidnei da Silva

Engenheiro Sanitarista e Ambiental graduado pela Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheiro do Departamento de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

Endereço: Rua Costa Carvalho, nº 300 – Pinheiros – São Paulo / SP - CEP: 05429-900 – Brasil. Tel: +55 (11) 3388-9751 - Fax: +55 (11) 3388-8695 - e-mail: bsidnei@sabesp.com.br.

RESUMO

Foi realizado um estudo de prospecção de tecnologias não destrutivas utilizando como fonte de informação a base de artigos da 'Web of Knowledge – WOK' e a base de patentes da United States Patent and Trademark Office – USPTO. Foram consideradas no estudo apenas tecnologias não destrutivas aplicadas a sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos sanitários. As tecnologias mapeadas foram agrupadas em quatro categorias: tecnologias de construção, tecnologias de reabilitação, tecnologias de substituição e tecnologias voltadas à localização, inspeção e diagnóstico de redes. O estudo permitiu concluir que a base de patentes da USPTO é mais adequada como fonte de informação para o tema MND quando comparada à base de artigos técnico-científicos da 'Web of Knowledge'. Outro dado importante é que as tecnologias MND categorizadas como de recuperação de tubulações existentes apresentam mais de 60 % da produção técnico-científica e da requisição de patentes em relação às demais categorias. Devido ao alto custo envolvido na substituição completa da infraestrutura existente, tanto de distribuição de água quanto de coleta de esgoto sanitário, o foco das companhias de saneamento básico, e por consequência do setor produtivo é o desenvolvimento de tecnologias e processos voltados à recuperação e prolongamento da vida útil destas infraestruturas.

PALAVRAS-CHAVE: Métodos não Destrutivos, MND, tecnologias trenchless.

INTRODUÇÃO

A utilização de métodos não destrutivos - MND, para construção e recuperação de estruturas subterrâneas (também conhecidas como tecnologias 'trenchless'), vem sendo bastante disseminada nos últimos anos por permitir a implantação de infraestrutura subterrânea sem a abertura de valas ou com o mínimo possível de escavação. A principal vantagem destas tecnologias é permitir que os serviços de manutenção destas estruturas subterrâneas sejam executados sem que ocorra a interrupção do tráfego nas vias de circulação, principalmente naquelas com grande circulação de veículos.

Com o passar do tempo, as estruturas subterrâneas vão sofrendo um processo gradual de envelhecimento, comprometendo com isso a finalidade para a qual foram projetadas. A qualidade dos serviços acaba sofrendo uma redução progressiva e a imagem das companhias de saneamento perante a sociedade tende a ficar comprometida.

Além disso, as avarias nas tubulações acarretam perda de receita, devido a vazamentos de água em redes de distribuição de água potável e aumento da infiltração de águas pluviais em redes coletoras de esgoto, aumentando a vazão e por consequência os custos com tratamento.

Neste contexto, foi realizado um estudo de prospecção de tecnologias não destrutivas utilizando como fonte de informação a base de artigos da Web of Knowledge – WOK e a base de patentes da United States Patent and Trademark Office – USPTO. Foram consideradas no estudo apenas tecnologias não destrutivas aplicadas a sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos sanitários. As tecnologias mapeadas foram agrupadas em quatro categorias: tecnologias de construção, tecnologias de reabilitação, tecnologias de substituição e tecnologias voltadas à localização, inspeção e diagnóstico de redes.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo de prospecção tecnológica foi mapear o maior número possível de tecnologias não destrutivas, voltadas para construção de novas redes de água e esgoto, reabilitação de tubulações existentes, substituição total destas tubulações e tecnologias voltadas para localização e inspeção de tubulações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo de prospecção tecnológica foram utilizados como fontes de informação, artigos científicos, artigos técnicos e relatórios técnicos publicados em revistas científicas ou revistas técnicas especializadas, através da base de dados 'Web of Science', da 'Web of Knowledge' (Figura 1). Também foi realizada a análise de patentes, através da base de dados da USPTO (Figura 2).

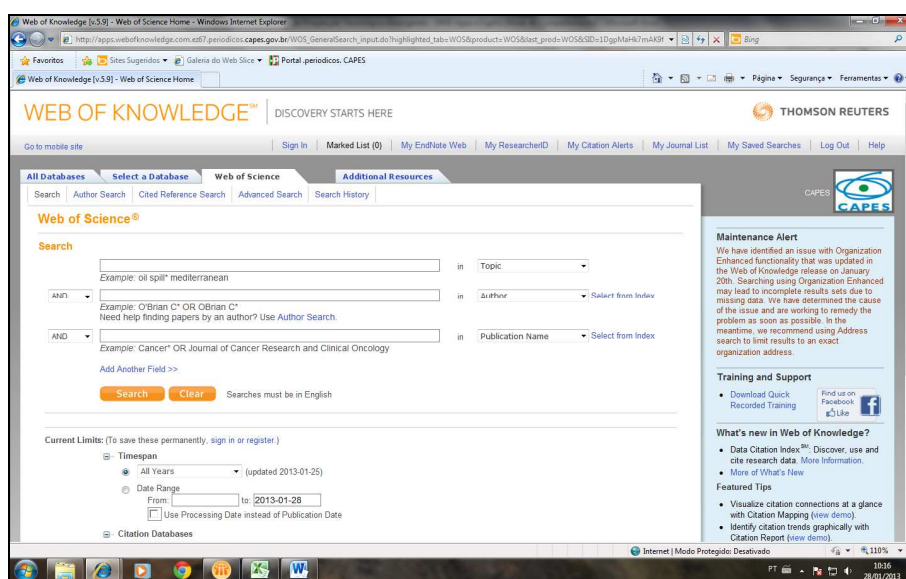


Figura 1: Base de Dados Web Of Knowledge – WOK.

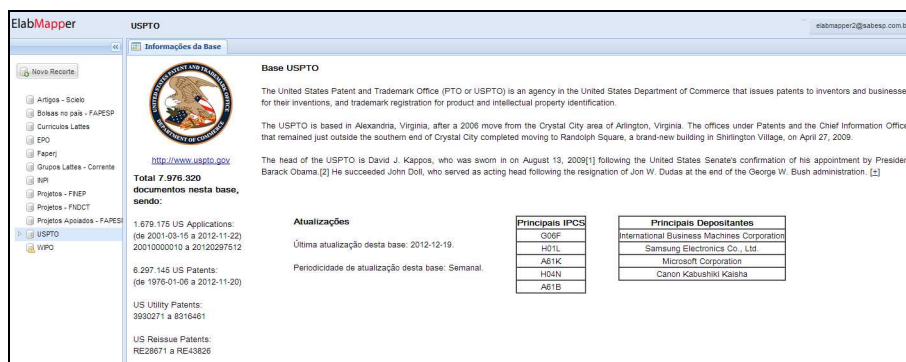


Figura 2: Base de Dados da USPTO Através do Software Elabmapper.

A construção dos termos de busca para o tema proposto foi realizada a partir de uma 'pré-consulta' de trabalhos técnicos na base do Google Acadêmico. A finalidade desta 'pré-consulta' foi identificar os termos recorrentes ao tema: Métodos Não Destrutivos – MND para Tubulações de Água e Esgoto.

Assim, observou-se que os termos que mais se repetiam em artigos mencionando MND tratavam da finalidade do seu uso, por exemplo: construção, recuperação, reabilitação, substituição de tubulações, e localização e inspeção de tubulações existentes. A fim de filtrar os resultados para o sistema de água e esgoto, foram utilizados termos específicos do setor de saneamento básico.

A tabela 1 abaixo apresenta a matriz de termos utilizada no processo de busca que apresentou resultados com maior pertinência ao assunto tratado.

Tabela 1: Termos de Busca Utilizados no Estudo de Prospecção Tecnológica.

Termos de Busca				
Conector	Termo 1	Termo 2	Termo 3	Termo 4
OR	Título	Resumo	Descrição	Período
	Constr*	Pipe*	Water Syst*	2002 a 2012
	Rehab*	Tub*	Water Suppl*	
	Replace*	Conduit*	Water Distr*	
	Reinforc*	Plumb*	Sewage	
	Install*	Network	Sewer	
	Reconduit*		Sanitation	
	Repair*			
	Renew*			
	Location*			
Lining				
Conector	AND			

Com os termos definidos, foi montada a seguinte expressão de busca para a base de artigos da Web of Knowledge – WOK:

- Expressão de Busca: 'Title=(construct* or rehabilit* or replace* or reinforc* or install* or reconduit* or repair* or renew* or location or lining) AND Title=(pipe* or tub* or conduit* or plumb* or network) AND Title=("water syst*" or "water suppl*" or "water distr*" or sew* or sanit*)'.

Foram encontrados 130 artigos com busca sem delimitação de tempo. Filtrando este resultado para os últimos 10/11 anos (a partir de 01/01/2002) obteve-se 56 artigos. A análise de pertinência foi realizada através do título, palavras-chave e resumo. Quando necessário, a análise se estendia para o artigo completo, desde que disponível para consulta.

Durante a análise de pertinência, dos 56 resultados encontrados, 27 eram relacionados a métodos não destrutivos para tubulações de sistemas de abastecimento público de água e/ou sistemas de coleta de esgoto sanitário.

A análise abrangente dos resultados encontrados a partir da base de dados da Web Of Science (Web Of Knowledge) para o Tema 'Métodos Não Destrutíveis para Tubulação de Água e Esgoto' foi elaborada a partir dos seguintes indicadores:

- Países Mais Relevantes ao Tema
- Área (Água ou Esgoto)
- Tipo de Documento
- Autores
- Publicações
- Área do Conhecimento
- Número de Publicações por Ano

A expressão de busca utilizada na análise de patentes manteve os mesmos termos utilizados na base da WOK. Foi utilizada a base de patentes norte-americana: USPTO. A expressão de busca apresentou a seguinte estrutura:

- Expressão de Busca: titulo contemfts 'constr | rehab | replace | reinforc | install | reconduit | repair | renew | location | lining' && resumo contemfts 'pipe | tub | conduit | plumb | network' && desc contemfts 'water syst | water suppl | water distr | sewage | sewer | sanitation' && anodepos>=2002.

O número de resultados encontrados foi bastante superior ao número de artigos encontrados na base da WOK para o mesmo período (2002 a 2012). Foram encontradas 360 patentes, sendo que, após análise de pertinência, 240 foram classificadas como pertinentes ao tema MND, representando uma eficiência de 67%.

A análise abrangente para as patentes foi realizada através dos seguintes indicadores:

- Área de Abrangência
- Países
- Depositante Principal
- Classe IPC
- Número de Patentes Requeridas / Concedidas por Ano

A análise específica, cujo foco foi identificar as tecnologias utilizadas na construção, reabilitação, substituição, localização e inspeção de tubulações de água e esgoto, tanto para a base de artigos quanto para a base de patentes, foi realizada através da classificação de cada tecnologia em função da sua finalidade de uso, ou seja, técnicas voltadas para Construção, Reabilitação / Recuperação e Substituição de Tubulações, e técnicas voltadas para a Localização, Inspeção e/ou Diagnóstico de redes. Foram utilizados os seguintes indicadores:

- Categoria
- Tecnologias de Construção
- Tecnologias de Reabilitação / Recuperação
- Tecnologias de Substituição
- Tecnologias de Localização / Inspeção / Diagnóstico

RESULTADOS

Análise Abrangente

A análise abrangente dos resultados encontrados a partir da base de artigos e patentes foi realizada através dos indicadores mencionados no tópico anterior. Para a base de artigos foram utilizados os seguintes indicadores: países mais relevantes ao tema, área (água ou esgoto), tipo de documento, autores, publicações, área do conhecimento e o número de publicações por ano. As próximas figuras apresentam estes resultados.

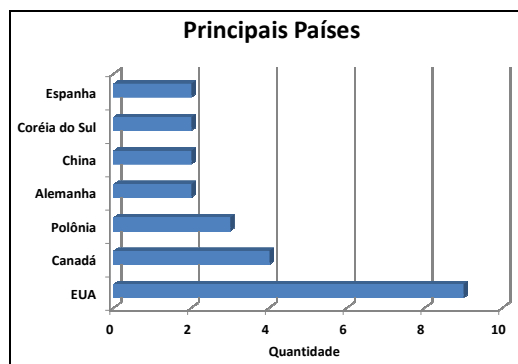


Figura 3: Países Mais Relevantes ao Tema

A figura 3 mostra que os países que mais se destacam na publicação de artigos e trabalhos técnicos relacionados a MND para tubulações de água e esgoto foram, respectivamente: Estados Unidos, Canadá e Polónia.

A classificação por área foi apresentada através da proporção de artigos tratando de MND para tubulações de sistemas de água de abastecimento e sistemas de esgotamento sanitário, sendo que para sistemas de esgotamento sanitário obteve-se a maior proporção de artigos encontrados na base WOK (figura 4).

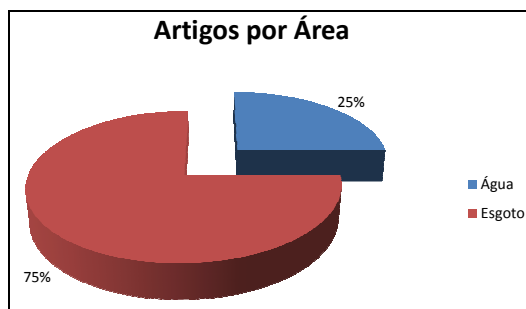


Figura 4: Percentual de Artigos por Área

Quanto ao tipo de documento, os resultados demonstraram que a amostra de artigos apesar de pequena (27 artigos validados) apresentou boa qualidade (Figura 5), já que apenas 15 % destes artigos não foram publicados em revistas técnicas indexadas.

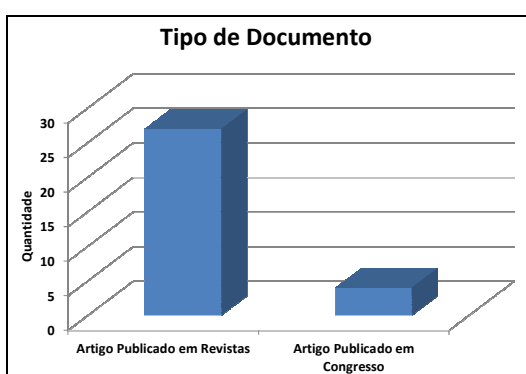


Figura 5: Classificação por Tipo de Documento

Dando continuidade ao mapeamento do conhecimento sobre MND para tubulação de água e esgoto, foi gerado o indicador 'Autores Mais Relevantes', conforme figura 6 abaixo.

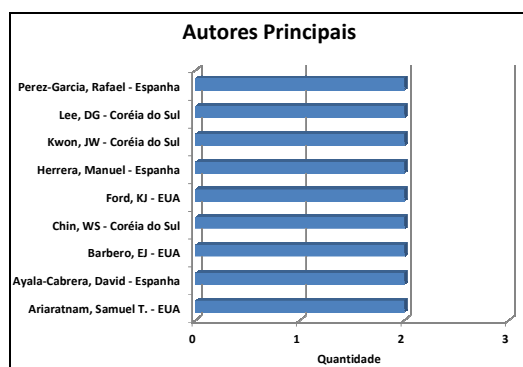


Figura 6: Autores Mais Relevantes

A identificação dos autores tem por objetivo fornecer uma via para buscas futuras relacionadas ao tema.

Também foram identificadas as principais revistas técnicas. Destacaram-se as seguintes revistas: 'Tunneling and Underground Space Technology', 'Journal of Advanced Materials' e 'Journal of Applied Geophysics'. O enfoque das duas primeiras revistas é a publicação de artigos sobre tecnologias de construção, reabilitação e substituição de tubulações subterrâneas, sendo que a terceira revista (Jornal of Applied Geophysics) é voltada para publicação de artigos relacionados a tecnologias ou metodologias para localização, inspeção e diagnóstico de tubulações.

Estas revistas não são muito conhecidas no setor da engenharia sanitária e ambiental, já que o desenvolvimento de equipamentos, materiais e processos construtivos é realizado por outros campos da engenharia, tais como engenharia civil, engenharia mecânica, engenharia de materiais, entre outras.

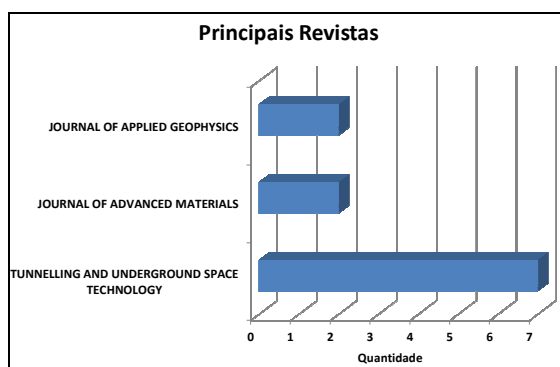


Figura 7: Principais Revistas

Um ponto importante que merece ser destacado é que a busca de artigos utilizando a base da WOK não encontrou nenhum resultado que tenha sido publicado na Revista Técnica Oficial da ISTT – The International Society for Trenchless Technology, denominada de ‘Trenchless International’, ilustrada na Figura 8.



Figura 8: Revista da ISTT

De acordo com a Associação Brasileira de Tecnologia não-Destrutiva - ABRATT, a revista ‘Trenchless International’ é publicada mensalmente e contém artigos sobre as mais recentes aplicações e desenvolvimentos, juntamente com novos itens e informações sobre aspectos técnicos, financeiros e legais das tecnologias não destrutivas em todo o mundo. Por alguma razão, que não foi possível identificar neste estudo, esta revista não se encontra indexada na base de dados da WOK. Isto pode também ser um dos motivos pelo qual o mapeamento de países não identificou a Inglaterra como um dos principais países geradores de conhecimento nesta área, apesar de a Associação Internacional de Tecnologias Trenchless ter sede neste país.

Dando continuidade a análise abrangente utilizando a base da WOK, foram mapeadas as organizações que mais se destacam na pesquisa e desenvolvimento de MND. Destacaram-se três instituições norte americanas seguidas de uma instituição sul coreana e uma espanhola (Figura 9).

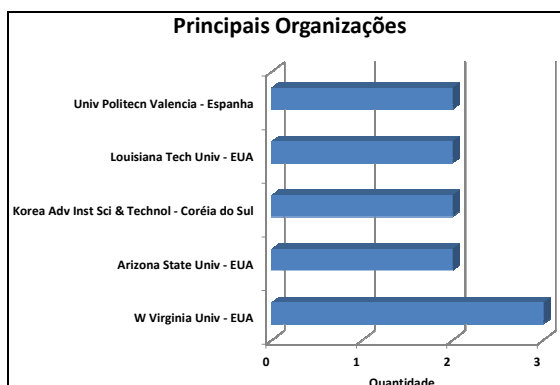


Figura 9: Principais Organizações

A classificação por área do conhecimento indicou a Engenharia como principal área, seguida da tecnologia da construção e ciência dos materiais (figura 10).

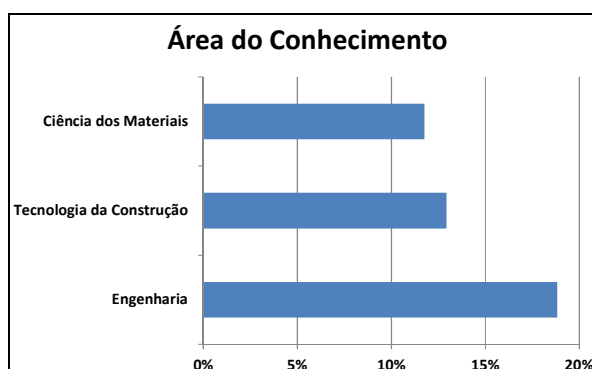


Figura 10: Área do Conhecimento

A análise abrangente também indicou que a quantidade de artigos publicados ao longo do período estudado (2002-2012) apresentou uma tendência linear de crescimento (figura 11).

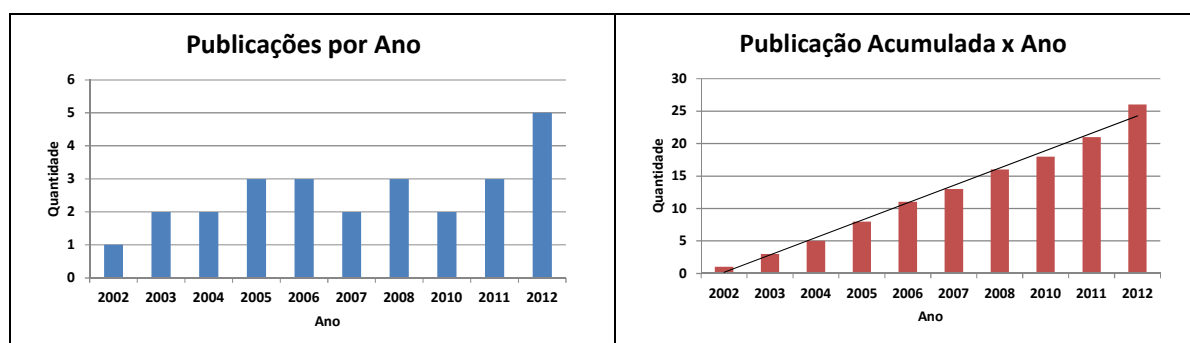


Figura 11: Quantidade de Publicações ao Longo dos Anos

A análise abrangente dos resultados encontrados a partir da base de patentes utilizou os seguintes indicadores: área de abrangência, países, depositante principal, classe IPC e o número de patentes requeridas e concedidas por ano.

A base de patentes da USPTO, conforme ilustrado na figura 12, indicou que a aplicação de tecnologias MND para sistemas de coletas de esgoto apresentou a maior proporção dos resultados, principalmente para tecnologias voltadas à recuperação (reabilitação) de tubulações existentes. Este fato pode ser explicado pela maior vulnerabilidade a que estão sujeitas tubulações de coleta de esgoto sanitário, em virtude do alto potencial de incrustações, geração de processos corrosivos, intrusão de raízes, etc.

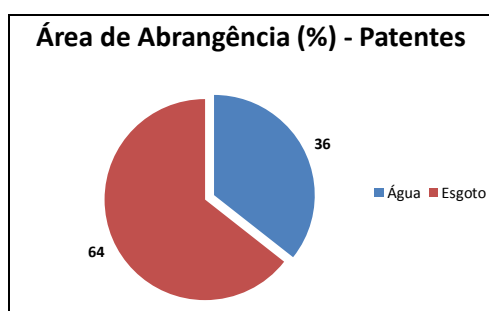


Figura 12: Área de Abrangência

O principal país depositante de patentes é os EUA, seguido de Japão e Alemanha (figura 13). Com exceção dos EUA, os demais países não coincidiram com os principais países que publicam artigos relacionados ao tema.

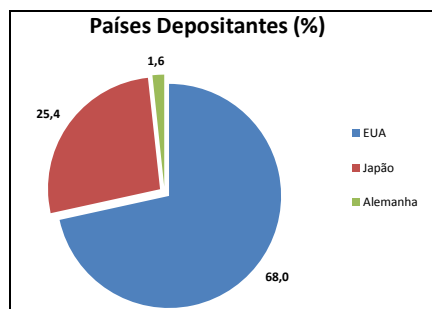


Figura 13: Principais Países Depositantes de Patentes

Os principais depositantes de patentes estão apresentados na figura 14 abaixo:

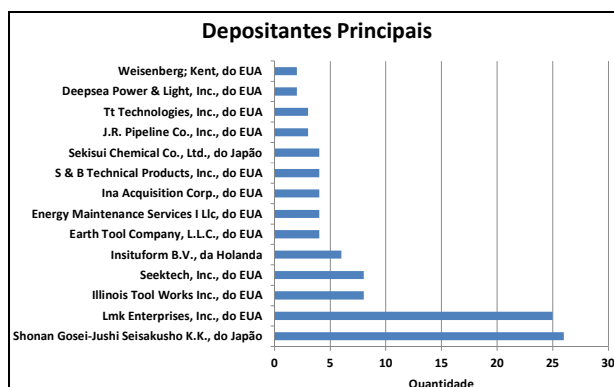


Figura 14: Principais Depositantes de Patentes

Apesar de os EUA serem o principal país depositante, o principal depositante é japonês - Shonan Gosei-Jushi Seisakusho K.K, com 26 patentes requeridas entre os anos de 2002 e 2012, seguido por três depositantes norte-americanos: LmK Enterprises, com 25 patentes, Illinois Tool Works Inc. e Seetech Inc., ambos com 8 patentes requeridas no mesmo período.

Quanto a Classe IPC destacaram-se, em ordem, as seguintes classes (figura 15):

- F16L – Tubos, Juntas ou Acessórios para Tubos, Suporte para Tubos, Cabos ou Tubulação de Proteção, seguido das classes;
- B29C – Modelagem ou União de Matérias Plásticas;
- B32B - Produtos em Camadas, estruturados com camadas de forma plana ou não-plana.

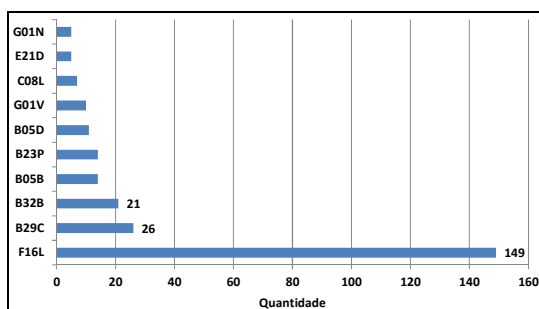


Figura 15: Classe IPC

A evolução temporal das patentes requeridas e concedidas durante o período indica que o número de patentes concedidas vem crescendo de forma menos acentuada no período '2007-2012', em relação ao crescimento observado no período anterior '2002-2007' (Figura 16). Já a requisição de novas patentes apresentou uma tendência linear de crescimento neste período de 10 anos, indicando que continuam ocorrendo inovações tecnológicas neste segmento.

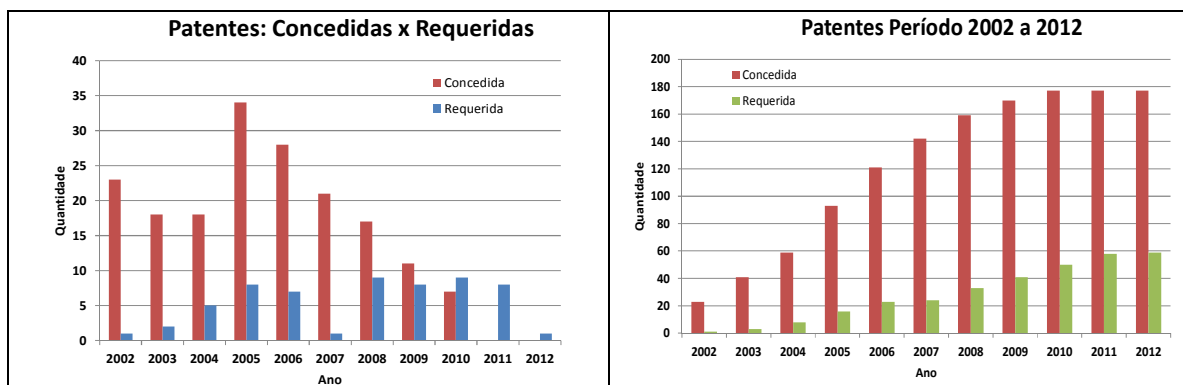


Figura 16: Patentes Requeridas / Concedidas

Análise Específica

A análise específica buscou classificar as tecnologias MND de acordo com sua finalidade. As tecnologias foram agrupadas em 04 (quatro) categorias principais: Técnicas voltadas para Construção, Reabilitação / Recuperação, Substituição, e Técnicas voltadas para Localização, Inspeção e/ou Diagnóstico de redes.

As técnicas para localização, inspeção e/ou diagnóstico apresentam relação direta com as técnicas de construção, reabilitação e substituição, pois através do seu uso é definido o método de intervenção na tubulação, seja de reabilitação parcial ou a substituição de toda a tubulação. Além disso, algumas tecnologias de inspeção também são utilizadas para avaliar a eficiência da técnica utilizada durante o processo de recuperação da rede.

As figuras 17, 18 e 19 ilustram os resultados da análise específica utilizando a base de artigos da WOK e considerando os indicadores mencionados.

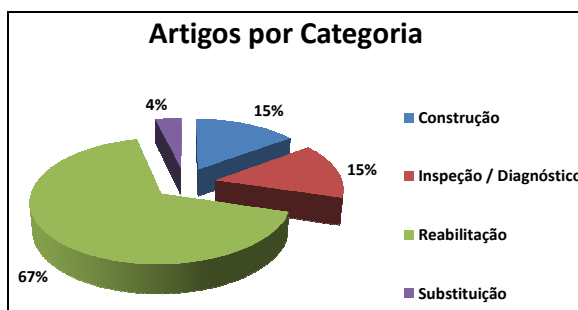


Figura 17: Tecnologias por Categoria

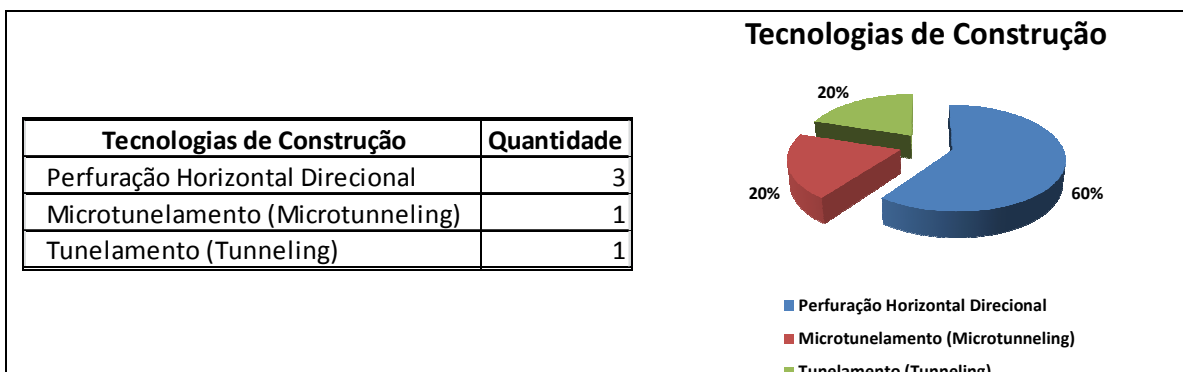


Figura 18: Tecnologias de Construção

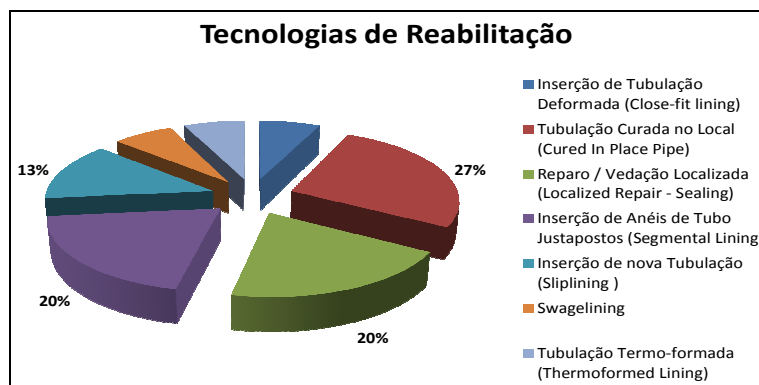


Figura 19: Tecnologias de Reabilitação

Na categoria de tecnologias para substituição completa da tubulação não foi encontrada quantidade significativa de tecnologias utilizando a base da WOK. Foi encontrada apenas uma tecnologia, denominada 'Pipe Jacking'. Esta tecnologia consiste na cravação de uma cabeça de perfuração e tubos pré-fabricados, através de um sistema hidráulico de propulsão (Dezotti, 2008).

Com relação às tecnologias para localização, inspeção e/ou diagnóstico também não foram encontrados resultados significativos utilizando a base de dados da WOK. Foram encontrados apenas 3 artigos que tratavam da seguinte tecnologia:

- Radar de Penetração no Solo (Ground Penetrating Radar).

O radar de penetração no solo permite localizar a linha central da tubulação enterrada e sua profundidade, inclusive para tubulações não metálicas (PEAD, PVC, etc). Também é utilizada para localizar descontinuidades nas tubulações e verificar a eficiência de processos de reabilitação, como vedação localizada de juntas.

A tabela 2 abaixo sintetiza as principais tecnologias encontradas utilizando a base de artigos da WOK, e os países que mais se destacam no desenvolvimento destas tecnologias.

Tabela 2: Principais Tecnologias Mapeadas na Base de Artigos.

Categoria	Tecnologias	País Mais Relevante
Construção	HDD, Tunneling*, Microtunneling*	EUA
Reabilitação	Close-fit Lining	EUA
	CIPP	EUA
	Localized Repair ou Sealing	China
	Segmental Lining	Coréia do Sul
	Sliplining	Canadá e Alemanha
Localização / Inspeção / Diagnóstico	Swagelining	Polônia
Substituição*	GPR	Espanha
	Pipe -jacking*	Grécia*

**Sem representatividade, apenas 1 resultado.*

Diante dos resultados encontrados e pelo que foi exposto nos parágrafos anteriores, pode-se inferir que a base de dados da WOK não é adequada para o tema MND, apesar de ter sido mapeado algumas tecnologias, profissionais, instituições e revistas especializadas no tema.

Se a revista oficial da ISTT estivesse indexada na base de dados da WOK, o mapeamento de tecnologias seria, possivelmente, mais relevante.

De forma similar à classificação das tecnologias identificadas utilizando a base de artigos da WOK, a análise específica para patentes das tecnologias MND foi realizada também em função da sua finalidade de uso.

As próximas figuras apresentam os resultados da análise específica para as patentes encontradas na base de patentes da USPTO.

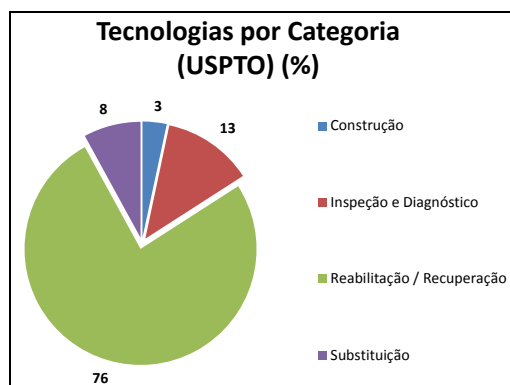


Figura 20: Tecnologias por Categoria

A figura 20 mostra que o desenvolvimento de tecnologias para reabilitação de tubulações representou a principal categoria de tecnologias, com 76% na análise de patentes, e 67% dos resultados da base de artigos. A maior proporção de resultados para tecnologias voltadas a recuperação e prolongamento da vida útil de tubulações existentes era esperada, já que o envelhecimento gradativo destas tubulações reflete na perda de qualidade dos serviços de saneamento e a troca por novas tubulações tende a ser muito onerosa.

A substituição por novas tubulações geralmente é empregada quando a tubulação existente encontra-se estruturalmente comprometida, ou quando há a necessidade de ampliar sua capacidade de vazão, através da ampliação do seu diâmetro nominal.

As técnicas de construção encontradas na análise de patentes foram as seguintes: Perfuração Horizontal Direcional e Cravação Dinâmica de Tuco (figura 21).

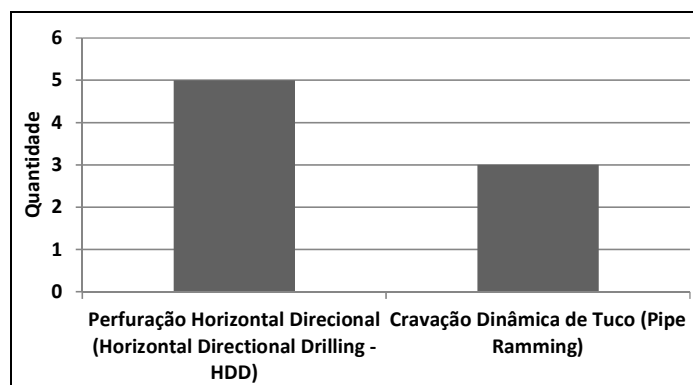


Figura 21: Tecnologias de Construção

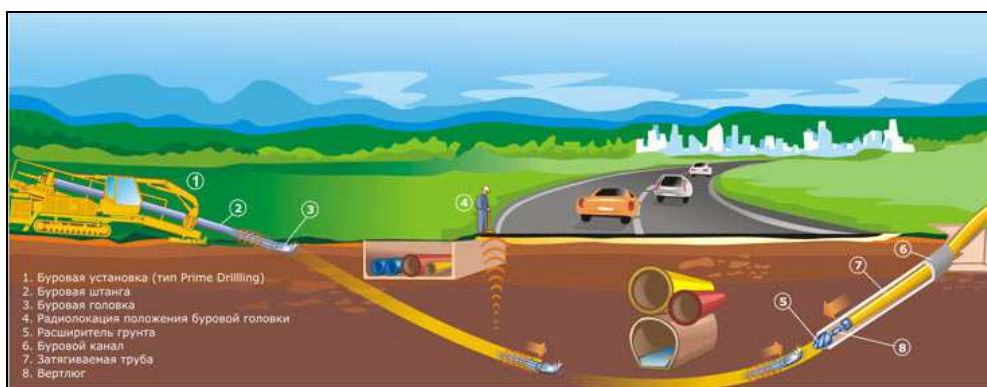


Figura 22: Perfuração Horizontal Direcional (HDD)

A técnica de perfuração horizontal direcional, ilustrada na figura 22, é uma técnica dirigível para instalação de tubulações, conduítes e cabos. Este método é assim chamado, devido a sua habilidade de informar a localização da cabeça de perfuração e de guiá-la durante este processo (Dezotti, 2008).

Já na Cravação Dinâmica de Tubos, ilustrada na figura 23, é utilizado um martelo pneumático. O método é frequentemente utilizado para instalação de tubulações sob rodovias e ferrovias.

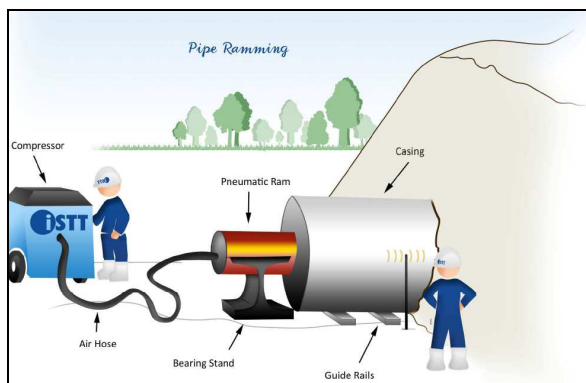


Figura 23: Cravação Dinâmica de Tubos
 Fonte: ISTT (<http://www.istt.com>), acessado em 23/04/2013.

Assim como na análise da base de artigos da WOK, a tecnologia de reabilitação que mais se destacou foi a Técnica de Tubulação Curada no Local (CIPP), seguida da tecnologia de Reparo / Vedação Localizada (Sealing) e Tubulação Termoformada (Thermofomed Lining). A figura 24 apresenta o resultado com as tecnologias mapeadas para reabilitação de tubulações.

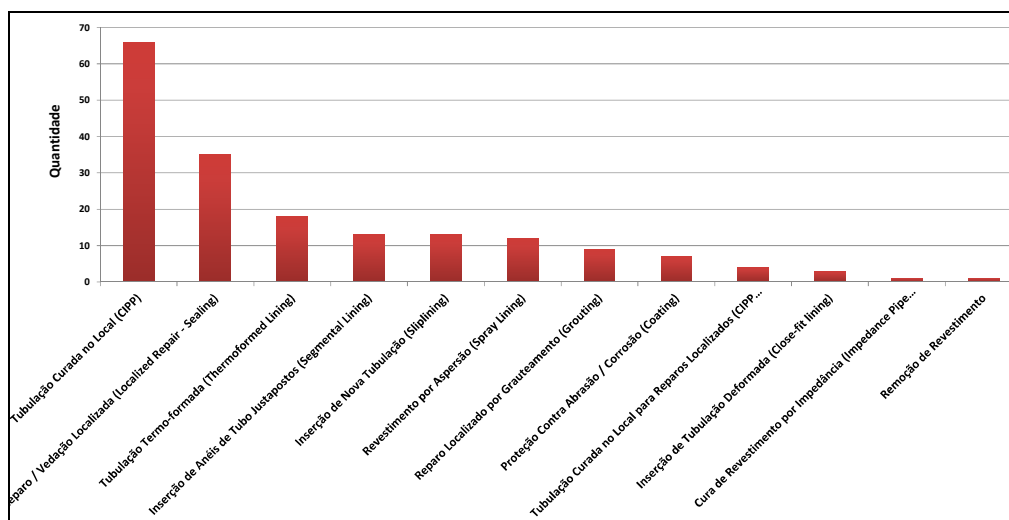


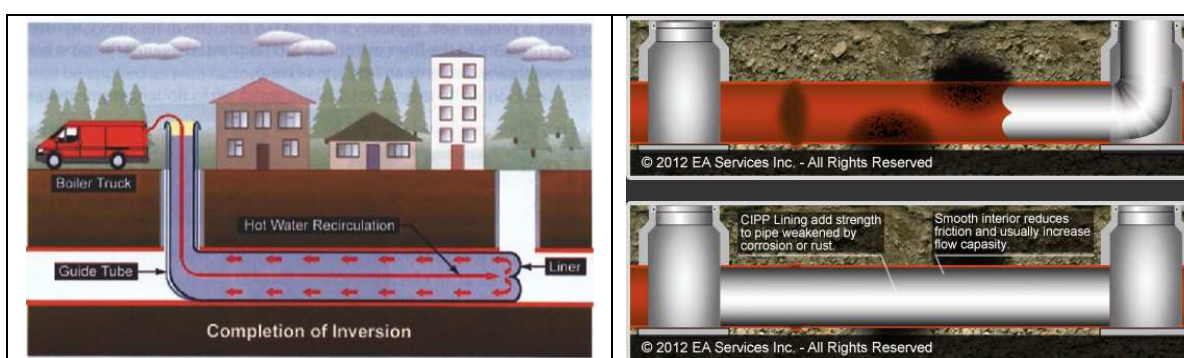
Figura 24: Tecnologias para Reabilitação de Tubulações

A tabela 3 abaixo apresenta o quantitativo para cada tecnologia de reabilitação encontrada associado com o país que mais apresentou requisição ou obteve concessão de patente para a respectiva tecnologia.

Tabela 3: Tecnologias para Reabilitação de Tubulações.

Tecnologias de Reabilitação	Quantidade de Patentes	Principal País Depositante
Tubulação Curada no Local - CIPP	66	EUA
Reparo / Vedação Localizada (Localized Repair / Sealing)	35	EUA
Tubulação Termo-formada (Thermoformed Lining)	18	Japão
Inserção de Anéis de Tubos Justapostos (Segmental Lining)	13	EUA
Inserção de Nova Tubulação (Sliplining)	13	Japão
Revestimento por Aspersão (Spray Lining)	12	EUA
Reparo Localizado por Grauteamento (Grouting)	9	EUA
Proteção Contra Abrasão / Corrosão (Coating)	7	Itália, Suécia
Tubulação Curada no Local para Reparos Localizados (CIPP Pontual)	4	EUA
Inserção de Tubulação Deformada (Close-fit Lining)	3	País Depositante Desconhecido
Cura de Revestimento por Impedância (Impedance Pipe Heating)	1	País Depositante Desconhecido
Remoção de Revestimento	1	País Depositante Desconhecido

A tecnologia CIPP apresentou-se como a mais relevante dentre as tecnologias de reabilitação. Esta tecnologia tem a função de recuperar estruturalmente a tubulação existente, além de protegê-la contra abrasão e corrosão. A técnica, ilustrada na figura 25, consiste em inserir uma tubulação de feltro de fibras de poliéster ou outro material impregnado com resina no interior da tubulação existente. Depois de inserida na tubulação, a manta é invertida e pressionada contra as paredes da tubulação. A água utilizada no processo de inversão passa por um dispositivo de aquecimento, retornando a tubulação e promovendo a cura da resina pelo calor. A dupla função desta tecnologia (reforço estrutural e proteção contra corrosão/abrasão) e sua aplicação para tubulações não retilíneas faz com que esta técnica apresente maior potencial de aplicação. Na análise de patentes, foi possível identificar uma vasta variedade de resinas utilizadas no processo, como também diversos dispositivos para promover a inversão da manta dentro da tubulação existente. O processo de cura da manta também apresenta diversas variantes, sendo o uso de vapor de água o mais recorrente.

**Figura 25: Tubulação Curada no Local (CIPP)**

A segunda tecnologia para reabilitação de tubulações que mais se destacou foi à técnica de Reparo / Vedação Localizada (Localized Repair – Sealing, também conhecida como Patch Repair), indicada para a vedação de vazamentos pontuais em redes de água, ou reparação de pequenas fissuras em tubulações de esgoto. Além disso, é utilizada para vedação dos pontos de conexão de tubulações secundárias na tubulação principal. A técnica encontra ilustrada na figura 26, e assim como para a técnica CIP, também foi observada uma grande gama de materiais utilizados no processo de vedação.

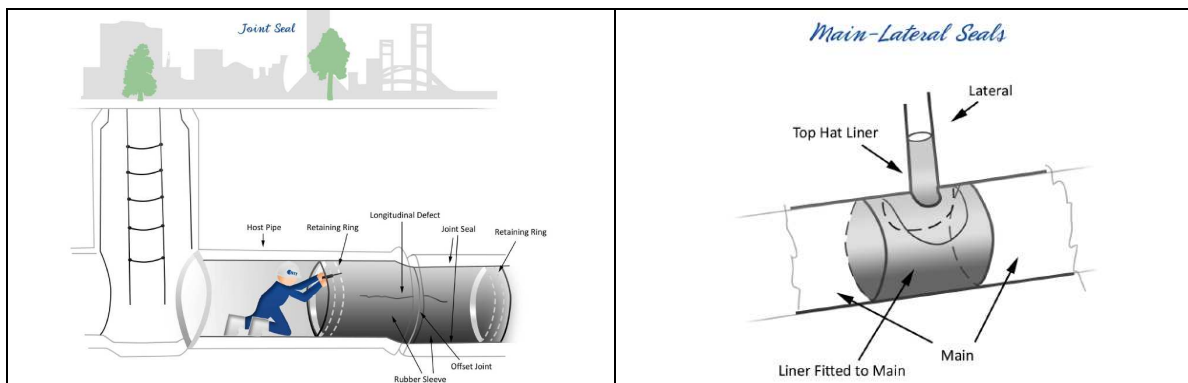


Figura 26: Tecnologias de Reabilitação – Reparo / Vedação Localizada (Sealing)

Fonte: ISTT (<http://www.istt.com>), acessado em 23/04/2013.

Já a tecnologia denominada Tubulação Termo-formada (Thermoformed Lining, também conhecida como Woven Hose Lining) é uma tecnologia que utiliza uma tubulação de PEAD ou PVC, dobrada na fábrica, e inserida na tubulação existente através de grandes carretéis (figura 27). Depois de inserida na tubulação existente, o tubo de PEAD ou PVC é expandido termicamente e pressionado contra as paredes do tubo hospedeiro (Dezotti, 2008).

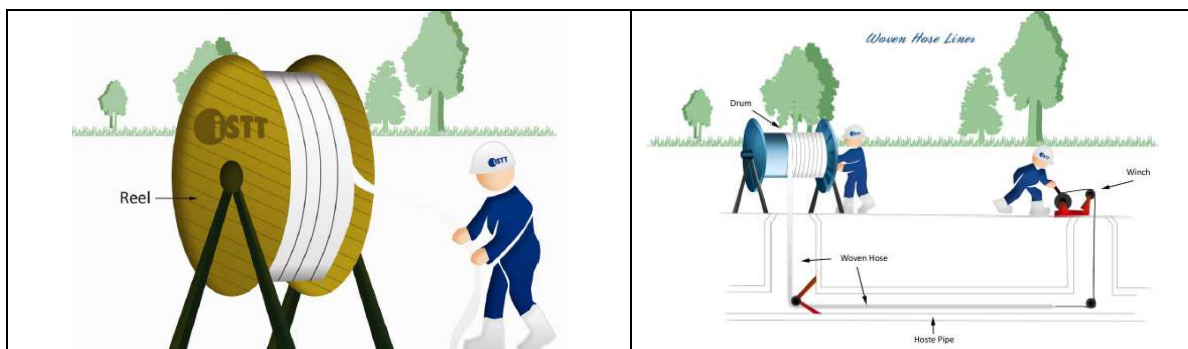


Figura 27: Tubulação Termo-formada (Thermoformed Lining)

Fonte: ISTT (<http://www.istt.com>), acessado em 23/04/2013.

Apenas duas tecnologias voltadas para a substituição completa da tubulação existente por uma nova tubulação foi mapeada:

- Pipe Bursting, com 18 resultados e;
- Pipe Splitting, com 1 resultado.

A tecnologia Pipe Bursting é utilizada para substituir a tubulação existente sem removê-la fisicamente. A nova tubulação segue o alinhamento existente, Esta técnica é empregada para recuperar a capacidade de escoamento da tubulação anterior. A figura 28 ilustra a tecnologia.

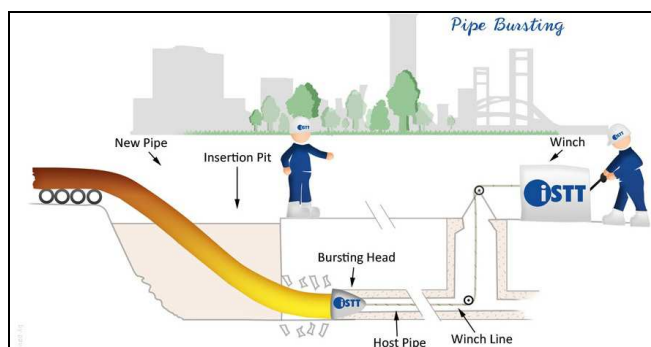


Figura 28: Arrebatamento de Tubulação Hospedeira – Pipe Bursting

Fonte: ISTT (<http://www.istt.com>), acessado em 23/04/2013.

Quanto às tecnologias de localização, inspeção e/ou diagnóstico, a busca por patentes mapeou as seguintes tecnologias: Radar de Penetração no Solo (GPR), Identificação por Rádio-Frequência (RFID), Inspeção por Circuito Fechado de Televisão (CFTV), Técnicas baseadas em Detecção Eletromagnética e Técnicas de Localização baseadas em Emissões Acústicas (figura 29).

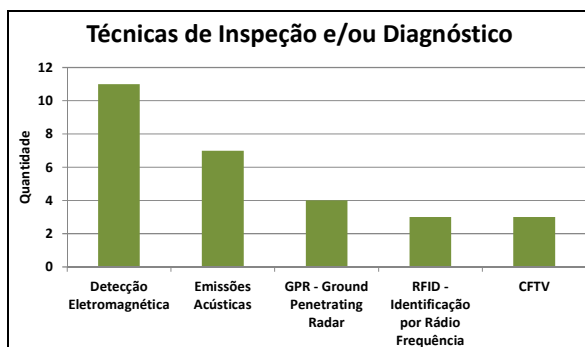


Figura 29: Tecnologias de Localização / Inspeção e/ou Diagnóstico

Dentre as técnicas utilizadas para inspeção e/ou localização de tubulações, a técnica que mais se destacou na análise de patentes foi a de localização de tubulações enterradas por meio de detecção eletromagnética, obviamente voltada para tubulações metálicas (ferro fundido e aço). Destacaram-se também as técnicas de emissões acústicas, onde vazamentos em tubulações são detectados por sensores que associam o som ao vazamento, e o Radar de Penetração no Solo – GPR (figura 30), que conforme já descrito neste trabalho, é uma técnica utilizada para localização de tubulações enterradas através da emissão de ondas eletromagnéticas de alta frequência.



Figura 30: Radar de Penetração no Solo - GPR

Fonte: <http://www.global-gpr.com>, acessado em 23/04/2013.

Outra técnica para localização de tubulações mapeada neste estudo foi a Identificação por Rádio Frequência – RFID (figura 31). Nesta técnica, a tubulação é previamente equipada com dispositivos denominados de ‘transponders’. Estes dispositivos ‘respondem’ aos sinais enviados por um equipamento portátil, permitindo com que a tubulação seja localizada e identificada.

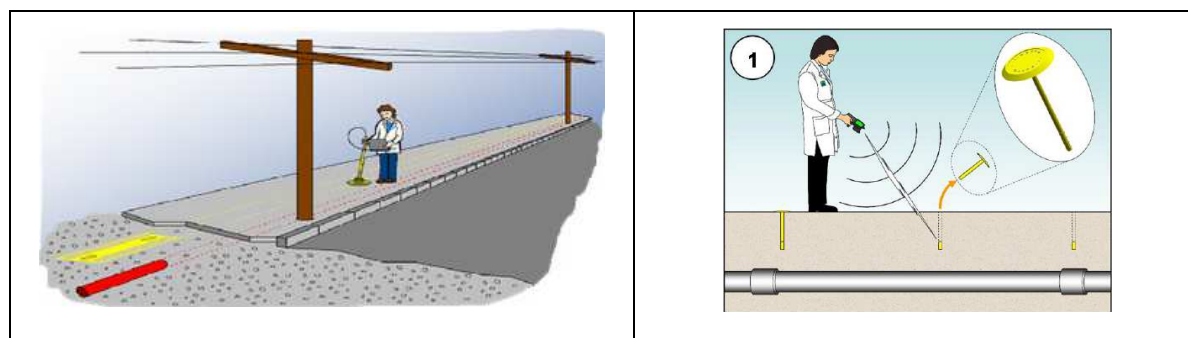


Figura 31: Identificador por Rádio Frequência - RFID

Fonte: *Idutto* (<http://www.idutto.com.br>), acessado em 23/04/2013.

Uma tecnologia com função de inspeção e diagnóstico de tubulações é o Circuito Fechado de Televisão - CFTV, onde um equipamento robotizado contendo uma câmera embutida, caminha pelo interior da tubulação, a fim de identificar pontualmente o local danificado, e auxiliar a escolha de tecnologias mais adequadas para a reabilitação (figura 32). Também é utilizada para verificar a qualidade de execução de um processo de recuperação da tubulação e auxiliar o trabalho de reabertura de conexões laterais em tubulações principais de água e esgoto.

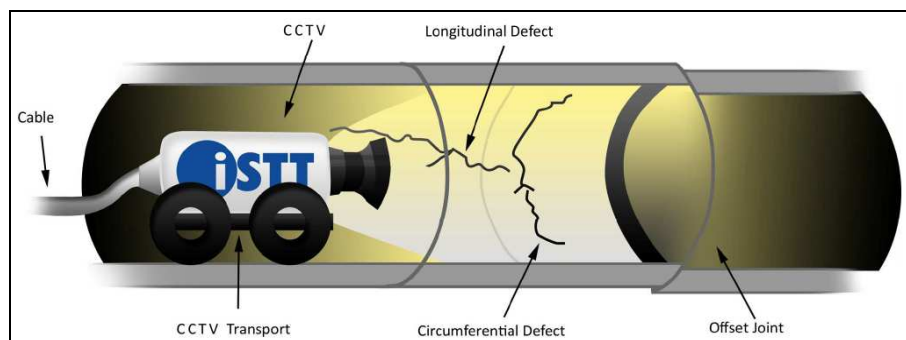


Figura 32: Identificador por Rádio Frequência - RFID

Fonte: ISTT (<http://www.istt.com>), acessado em 23/04/2013.

A análise de prospecção tecnológica utilizando patentes como fontes de informação permitiu identificar uma maior gama de tecnologias MND do que na busca por artigos. Foi possível apontar as tecnologias de construção, reabilitação e inspeção de tubulações de água e esgoto que mais se destacaram em suas categorias, e que apresentam maior potencial para desenvolvimento e aprimoramento tecnológico, porém, a base não conseguiu abranger todo o universo de tecnologias atualmente existentes.

Informações sobre inovações e outras tecnologias podem ser encontradas na homepage das associações técnicas, ISTT e ABRATT.

CONCLUSÃO

O estudo de prospecção de tecnologias para MND possibilitou identificar uma variedade de tecnologias voltadas à construção, reabilitação e substituição de tubulações de água e esgoto. Também foram enumeradas algumas tecnologias não destrutivas voltadas à localização, inspeção e diagnóstico de tubulações.

As técnicas para localização, inspeção e/ou diagnóstico foram mantidas no estudo prospectivo por apresentarem relação direta com as técnicas de construção, reabilitação e substituição. A técnica de reabilitação a ser empregada para uma tubulação danificada, ou a opção de substituí-la por uma nova tubulação é selecionada após um processo de inspeção na tubulação, através do uso destas tecnologias. Além disso, algumas delas são utilizadas para avaliar a eficiência da técnica empregada para recuperação da tubulação, sendo, portanto, bastante pertinentes ao tema.

Os resultados encontrados demonstraram que a maioria das técnicas não destrutivas enfoca sua aplicação para recuperação de tubulações de esgotamento sanitário, apesar de muitas delas serem aplicáveis aos sistemas de distribuição de água.

Além de uma maior diversidade de técnicas, as tecnologias enquadradas na categoria de reabilitação de tubulações foram as mais numerosas, provavelmente devido a maior demanda do mercado. A substituição completa destas tubulações subterrâneas é bastante onerosa, principalmente para as companhias de água e saneamento.

Quanto às fontes de informação utilizadas no estudo prospectivo, a base de patentes da USPTO foi mais adequada para este tema do que a base de artigos da 'Web of Knowledge', provavelmente pelo fato de que a principal revista relacionada ao tema ('Trenchless International' da ISTT) não estar indexada nesta base de dados.

Apesar de o estudo prospectivo não ter identificado todas as tecnologias não destrutivas atualmente existentes, foi possível levantar aquelas que atualmente apresentam maior recorrência, e, portanto, maior potencial de aplicação às demandas do saneamento básico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DEZOTTI, Mateus Caetano. Análise da utilização de métodos não destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infra-estruturas urbanas subterrâneas. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos / USP. 2008.
2. The International Society for Trenchless Technology. Homepage (www.istt.com) acessada em 23/04.2013.
3. Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva. Homepage (www.abratt.org.br) acessada em 23/04.2013.