

CENÁRIO TECNOLÓGICO PARA REMEDIAÇÃO DE ÁREAS AFETADAS COM PETRÓLEO UTILIZANDO EXTRATO VEGETAL DA FAMÍLIA *ARACEAE*

Saionara Luna¹; Mariana Andrade Santos²; Ronaldo Montenegro Barbosa¹; Cristina M. Quintella³

¹Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, BA, Brasil. (saionaraluna@gmail.com)

²Instituto Federal de educação Ciência e Tecnologia da Bahia, IFBA, Salvador, BA, Brasil.

³Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador-BA, Brasil.

Rec.: 11.05.2015. Ace.: 25.09.2015

RESUMO

A importância de estudar e desenvolver pesquisas na área de remediação de solos contaminados por petróleo está associada ao crescente número de descobertas de casos de vazamentos e acidentes desde a sua exploração até seu armazenamento. O petróleo e seus derivados penetram o solo e, nos lençóis freáticos, contaminando-os, tornando esses ambientes impróprios para atividades humanas. Existem diversas maneiras para remediar a área afetada, seja utilizando o cultivo de plantas que, absorve através da raiz, o contaminante presente no local, viabilizando o processo da recuperação. A busca foi feita na base de dados *Especenet* relacionando palavras-chaves e um código relacionado à remediação de solo contaminado. Através dos resultados obtidos foram identificadas as principais técnicas, parâmetros, os contaminantes e os principais detentores da tecnologia na remediação de solo contaminando. A partir desses resultados foi realizado um estudo de anterioridade para sopesar a utilização dessas técnicas e sua eficácia no que diz respeito à recuperação da área contaminada, dando ênfase à aplicação do extrato vegetal pertencente à família *Araceae*.

Palavras chave: Remediação. Solo. Petróleo. Contaminação. Extrato vegetal.

ABSTRACT

The importance of studying and conducting research in the oil contaminated soil remediation by area is associated with the growing number of discovered cases of leaks and accidents from its exploration to storage. The oil and oil products penetrate the soil and in the groundwater, contaminating them, making these unsuitable environments for human activities. There are several ways to remedy the affected area, either using the cultivation of plants that absorb through the roots, the contaminant present at the site, allowing the recovery process. The search was made in *Especenet* database linking keywords and code related to contaminated soil remediation. The results obtained were identified the main techniques, parameters, contaminants and the main holders of technology in soil remediation contaminating. From these results it performed a prior study to weigh the use of these techniques and their effectiveness with regard to the recovery of the contaminated area, emphasizing the application of plant extract belonging to the *Araceae* family.

Keywords: Remediation. Soil. Petroleum. Contamination. Plant extract.

INTRODUÇÃO

No Brasil, observa-se o crescimento do uso de fontes renováveis de energia, no entanto são pouco expressivas as produções científicas e tecnológicas desenvolvidas que facilitem a remediação dos solos contaminados pelo petróleo e seus derivados. No exterior, muitas técnicas são estudadas e estão em desenvolvimento para que a remediação seja aplicada com maior chance de sucesso, despertando, assim, a necessidade de um estudo avançado sobre as melhores técnicas de remediação (BARBOSA, 2012; MARQUES et al., 2014).

Os solos contaminados por petróleo e seus derivados, têm sido alvo de inúmeras pesquisas. O fato desafia os pesquisadores, em função da complexidade dos fenômenos geoquímicos e bioquímicos catalisados a partir de sua inserção no subsolo. Além disso, o derramamento tem sido motivo de preocupação e repercussão na sociedade, pois essas contaminações podem atingir as águas subterrâneas (MARIANO, 2006).

Quando o combustível atinge o solo, seus componentes separam-se em três fases: dissolvida, líquida e gasosa. Portanto, uma vez estabelecida a contaminação, poderemos atuar em três níveis diferentes: solo, água subterrânea e atmosfera. Desta forma, são complexas as tarefas de: avaliação da extensão, dinâmica e concentração das contaminações, análise de riscos e possíveis estratégias de remediação (RAMOS, 2013).

A remediação de áreas afetadas é realizada com a finalidade de restaurar a qualidade dos solos e das águas subterrâneas contaminadas. Vários métodos podem ser empregados para remover os hidrocarbonetos, tais como extração de vapor do solo, bombeamento, remediação e biorremediação. Não há uma regra geral que determine o melhor tratamento de uma área contaminada específica. Cada caso deve ser analisado individualmente, de acordo com suas particularidades (BHUPATHIRAJU et al., 2002), sendo o tratamento físico, um dos métodos mais utilizados.

No tratamento físico são separados os contaminantes do solo, sem destruí-lo ou modificá-lo quimicamente. Entretanto, o método tem suas limitações e alto custo. As pesquisas têm mostrado que os hidrocarbonetos quando percolam o solo, uma de suas partes permanece sorvida na matriz (aproximadamente 50%), diminuindo a eficiência de remoção. Os processos biológicos, por outro lado, apresentam uma tecnologia promissora para remover esses contaminantes, devido à simplicidade, eficiência e baixo custo, quando comparados a outras alternativas (ALEXANDER, 1994).

O processo de remediação biológica é uma tarefa complexa e, na maioria das vezes, pode ser considerada uma técnica de baixo custo. Esta complexidade é devida a mistura de processos biológicos e/ou geoquímicos envolvidos a partir do momento em que o contaminante penetra no subsolo.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa, foram levantados os dados que constam em bancos de patentes sendo escolhida a base “*European Patent Office*” (EPO).

Os documentos de patente foram importados, sem a utilização de software, e depois processados utilizando buscas na internet, referências e procedimentos auxiliados por mineração de dados com o *software Vantage Point*[®].

O mapeamento tecnológico tem como objetivo apresentar o cenário atual de patentes referente à remediação de solo contaminado com petróleo utilizando extrato vegetal e verificar se existe alguma aplicação direta na remediação de áreas impactadas por atividades petrolíferas.

Com o objetivo de escolher a melhor estratégia de busca, foi feita a combinação de diversas palavras-chave e um código relacionado ao assunto, como mostra a Tabela 1. As linhas em verde indicam a estratégia de busca que melhor atende o objetivo da pesquisa. O código B09C1 utilizado no estudo está relacionado com os processos de remediação de solos contaminados.

Tabela 1 - Escopo de pesquisa

Purified*	Waste*	Oil*	Remediation*	Petrol*	Soil*	Plant extract	Flotation*	B09C1 (IPC)	Resultado
							x	x	81
						x		x	13
					x			x	9837
				x				x	665
			x					x	1863
		x						x	1875
	x							x	2573
x								x	411
				x	x			x	449
			x	x	x	x		x	0
			x	x	x			x	61
			x		x	x	x		0
			x		x		x		3
Total de patentes analisadas									607

Fonte: Autoria própria, 2015.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a evolução anual do depósito de patentes relacionados à remediação das áreas impactadas pelas atividades petrolíferas. Observa-se dois estágios de evolução para o desenvolvimento da tecnologia de remediação de solo contaminado com petróleo ou por seus derivados.

Os primeiros depósitos de patentes entre 1978 a 1988, referem-se ao desenvolvimento das técnicas e métodos para descontaminação do solo e água através de misturas líquidas, sólidas ou sólida/líquida com o mesmo solo ou processamento de resíduos de óleo por tratamento destas, contendo uma solução aquosa dispersante, separando o óleo do solo (US4392892; US2004129646; US4424081; DE4140845).

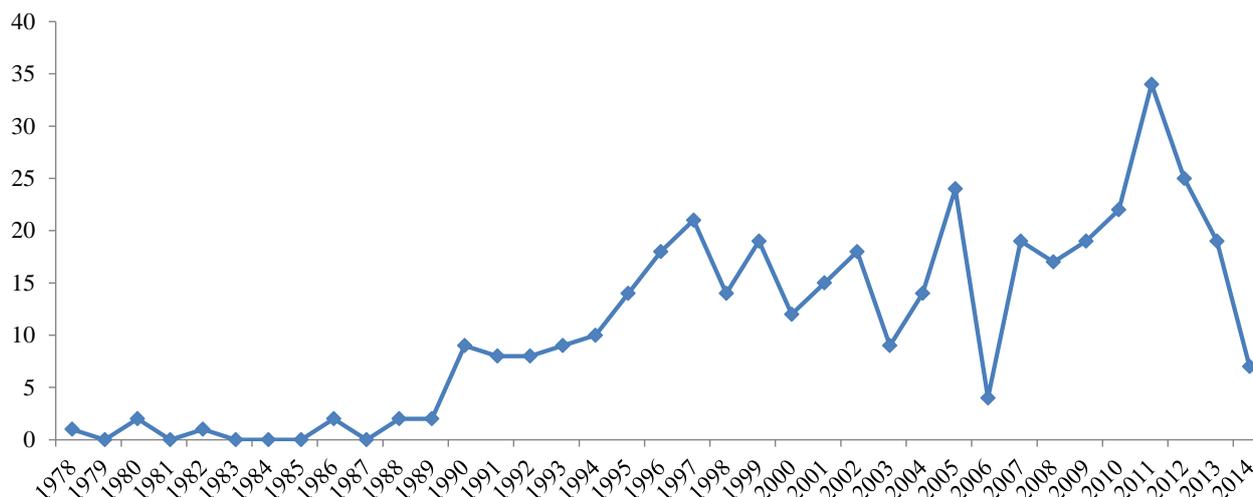
No primeiro estágio de evolução, que compreende o intervalo entre 1989 a 2004, observa-se o aumento do número de depósito de patentes que se referem à biodegradação dos contaminantes existentes no petróleo, a descontaminação do solo por meio de técnicas, como a flotação, usa de material absorvente e adsorvente e também a remediação da água (SK277881; US5480558; US5213690; DE4022896).

E para o segundo estágio, de 2005 a 2014, verifica-se o crescente número de depósito de patentes referentes ao controle de contaminação para solo/água oriundos de atividades petrolíferas, utilizando diversas plantas para eliminação dos contaminantes (seja por cultivo da mesma ou

através do seu extrato), pelo o uso da reação de oxidação do peróxido de hidrogênio e ferro para decompor o óleo rapidamente e também fazer a extração dos metais pesados utilizando biomassas, como exemplo o algodão (CN101322975; CN101433905; KR20100009704).

Observa-se também, uma diminuição a partir do ano de 2012 que pode ser justificada pelo período de sigilo de dezoito meses das patentes o que não necessariamente caracteriza a queda no número de apropriações.

Figura 1 - Evolução anual referente à tecnologia da remediação da área contaminada com petróleo



Fonte: Autoria própria, 2015.

A Figura 2, elaborada a partir dos países extraídos do número de prioridade mais antigo do documento de patente, lista os países com mais de um documento depositado.

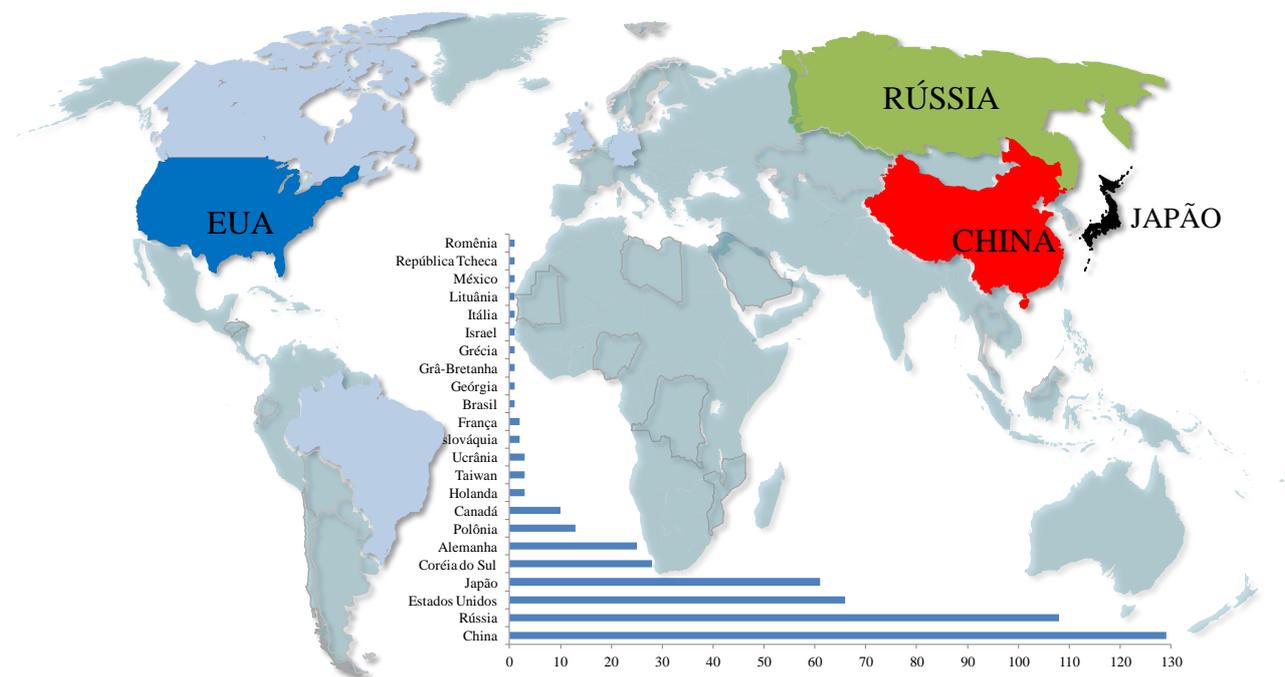
A China lidera com 124 patentes, seguida da Rússia com 108, dos Estados Unidos com 63 e o Japão com 60 documentos de patentes depositados.

A China detém a maioria das patentes relacionadas a remediação/biorremediação do solo contaminado com petróleo. Em geral, seus inventos utilizam bactérias, agrobactérias e cultivo de plantas com a finalidade de extrair o metal pesado oriundo da contaminação e degradar as grandes cadeias carbônicas presente na composição do petróleo. O segundo maior detentor é a Rússia com patentes referentes à remediação com o uso de bactérias e micro-organismos. Em terceiro vem os Estados Unidos que desenvolve pesquisas referentes à remediação e a biorremediação utilizando cultivares e bactérias. E por fim, o Japão também se destaca em relação ao tema trazendo patentes que se refere a remediação por meio de flotação utilizando extrato vegetal, biodegradação e micro-organismos (CN20121284869; CN20121284868; CN2011125443; GR3015307; JPH1015529; JP2008289445).

É comum em diversos mapeamentos tecnológicos e científicos que os Estados Unidos apareça entre os maiores detentores ou inventores nos documentos de patentes por se tratar de um país alvo de pedidos de prioridade estrangeiro, dado ao seu mercado de pesquisa altamente competitivo.

Na Figura 3 observa-se as principais organizações depositantes dos documentos patentários relacionado à remediação de solo contaminado com petróleo, no qual lista 3 instituições de ensino e 6 empresas, totalizando 9 organizações que se destacam nessa área de pesquisa.

Figura 2 - Países detentores da tecnologia



Fonte: Autoria própria, 2015.

A Universidade Nankai é a maior detentora da tecnologia pesquisada, com 18 documentos de patentes depositados. Sua área de concentração, no que diz respeito ao desenvolvimento das diferentes técnicas para remediar uma área afetada, está na utilização das bactérias e microrganismos para auxiliar na degradação das grandes cadeias carbônicas presentes no petróleo. Em seguida vem a Universidade de Shanghai, com 9 documentos, a Institute of Environment and Sustainable Dev in Agriculture Chinese Academy of Agricultural Sciences com 7 e as demais organizações com 6 documentos de patentes depositadas para cada uma, conforme a Figura 3.

A Universidade Shanghai tem suas patentes referentes a utilizam plantas e micro-organismos no processo de recuperação do local contaminado. Suas pesquisas estão associadas à recuperação de ambientes contaminados com petróleo e seus derivados.

As três instituições que possuem o maior número de patentes depositadas estão localizadas na China e, são instituições de ensino, isto mostra que a área de pesquisa e desenvolvimento da tecnologia está em ascensão no país e ainda pode ser considerado um resultado de grande avanço em termo de tecnologia.

A Figura 4 mostra os quatro inventores que se destacam pelo número de patentes depositadas, sendo três deles são da China e um da Rússia. Tal constatação esta coerente com o *ranking* das principais organizações depositantes, para as quais os pesquisadores trabalham.

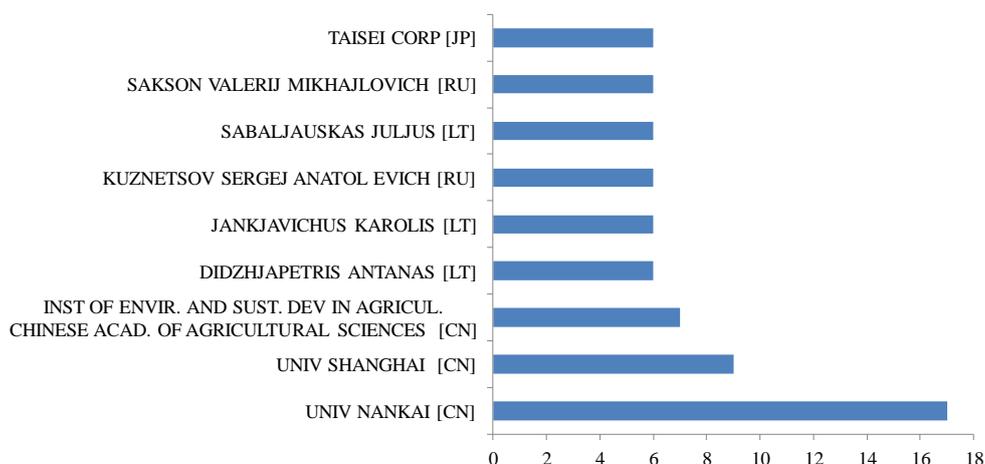
Qixing Zhou (CN) é o maior depositante com 15 documentos de patentes depositados, seguido do Sakson Valeriu Mikhajlovich (RU) com 10 e Liu Xiaoyan (CN) juntamente com Wang Jun (CN) com 9 documentos de patentes depositados, respectivamente.

A Figura 5 apresenta a rede de relacionamento entre os códigos selecionados para pesquisa em documentos de patentes referidos a remediação de solo contaminado com petróleo ou por seus derivados. Observa-se que a maior parte das patentes referem-se à utilização de microrganismos ou enzimas em seu processo de tratamento (B09C1/10), seguidos de recuperação do solo contaminado

(B09C1), extração por líquidos (B09C1/02), bactérias e meios de cultura (C12N1/20) e caracterização pelo microrganismo usado (C08G).

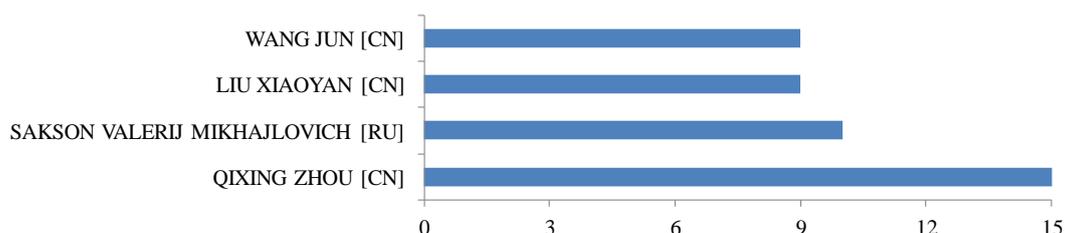
O código mais utilizado na classificação de patentes relacionado ao tema em estudo é o B09C1/10 que se refere ao tratamento das áreas contaminadas utilizando processos microbiológico e enzimático. Observa-se que 36% das patentes depositadas não têm relacionamento com os outros códigos recorrentes e ainda apresenta 14% de relacionamento primário com C12N1/20, 2% com C02F3/34, 15% com B09C1/02, 13% com C02F3/34. O código B09C1 se refere à recuperação de solo contaminado e 50% das patentes não possui relacionamento.

Figura 3 - Organizações detentoras da tecnologia



Fonte: Autoria própria, 2015.

Figura 4 - Principais inventores detentores da tecnologia

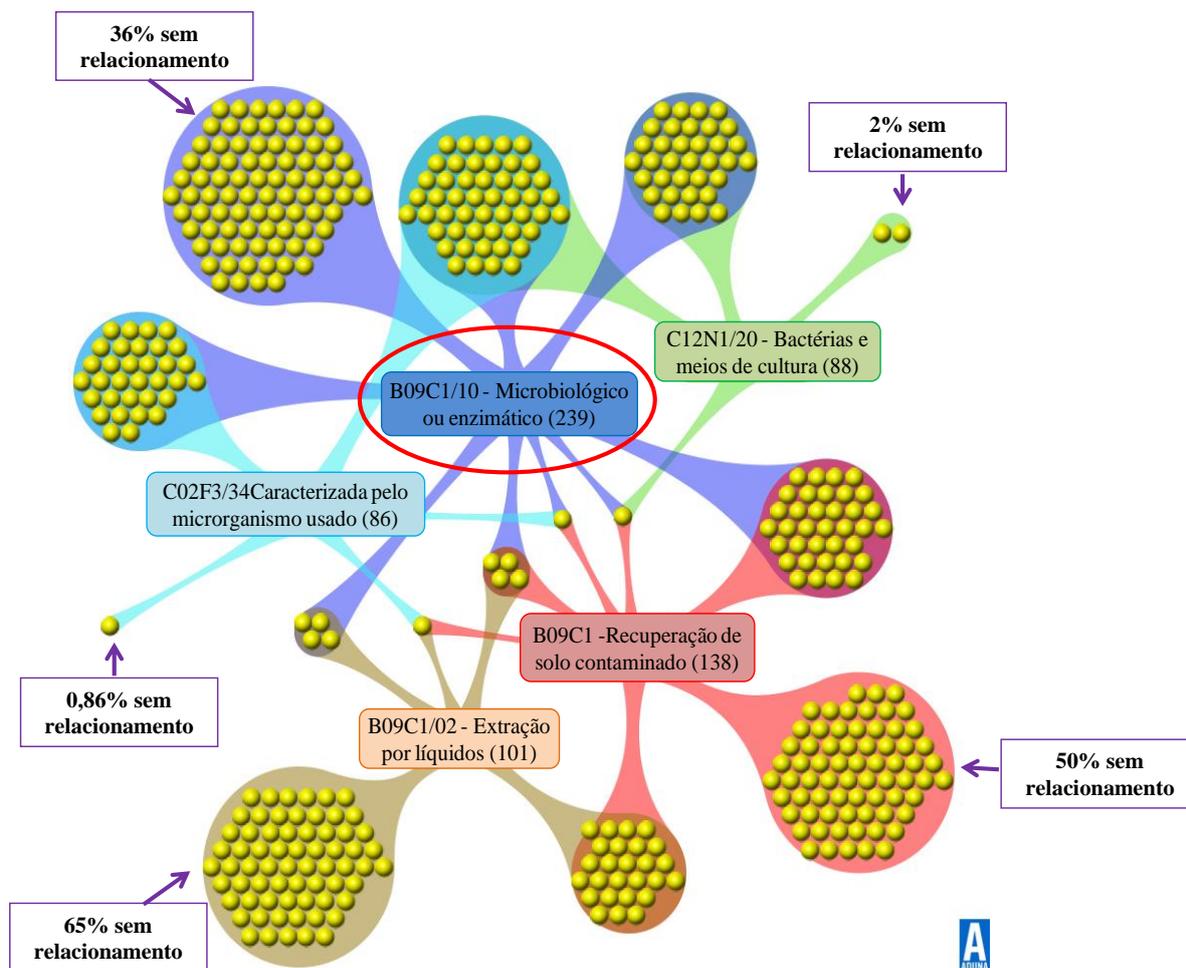


Fonte: Autoria própria, 2015.

Vale salientar, que a maior parte dos documentos envolve a recuperação das áreas afetadas por derramamento de petróleo e/ou seus derivados associados com as diferentes técnicas desenvolvidas. Para esse fim, pode ser atribuído à descoberta dos inúmeros casos de acidentes ambientais ocorridos durante a exploração, conservação ou transporte destes contaminantes.

A Figura 6 apresenta a rede de relacionamento entre os principais contaminantes do meio ambiente resultantes da pesquisa realizada nos documentos de patentes referidos a remediação de solo contaminado com petróleo. Observa-se que a maior parte das patentes refere-se ao petróleo, seguidos dos metais pesados, diesel e gasolina.

Figura 5 - Rede de relacionamento entre os códigos com mais frequência



Fonte: Autoria própria, 2015.

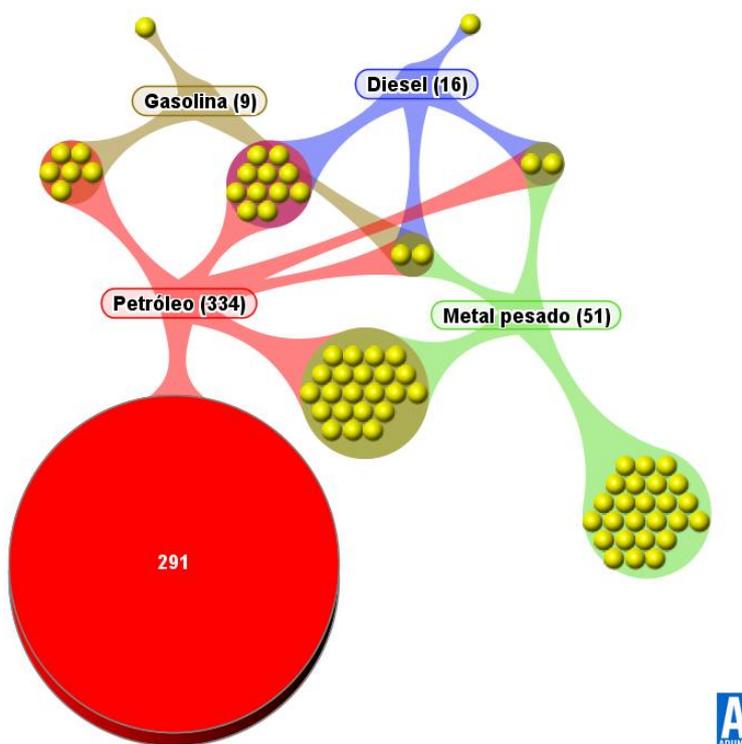
Observa-se também que, o número de relações entre o petróleo e os metais pesados tem relação com o maior número de patentes depositadas.

O principal contaminante, o petróleo, apresenta 17% de relacionamento com a gasolina, 37% de relacionamento com diesel e 73% de relacionamento com metal pesado e 87% sem relacionamento com contaminantes. É notório o destaque para o petróleo como o principal contaminante do meio ambiente seguido dos seus derivados que pode ser justificado pelos benefícios proporcionados pela sua utilização nas indústrias e transportadoras.

A Figura 7 mostra a rede de relacionamento entre as técnicas desenvolvidas para remediar uma área contaminada com petróleo e seus derivados.

Percebe-se que a remediação está interligada às demais técnicas como a maior em questão do número de documentos de patentes depositadas, sendo 16 documentos de patentes entre biorremediação e degradação associados, 9 documentos na relação entre remediação e biorremediação e 16 documentos para remediação e degradação. Também pode-se observar a relação das demais técnicas como a flotação, filtração, fermentação e fitorremediação com a remediação mesmo em menor quantidade de documentos depositados.

Figura 6 - Rede de relacionamento entes os principais contaminantes



Fonte: Autoria própria, 2015.

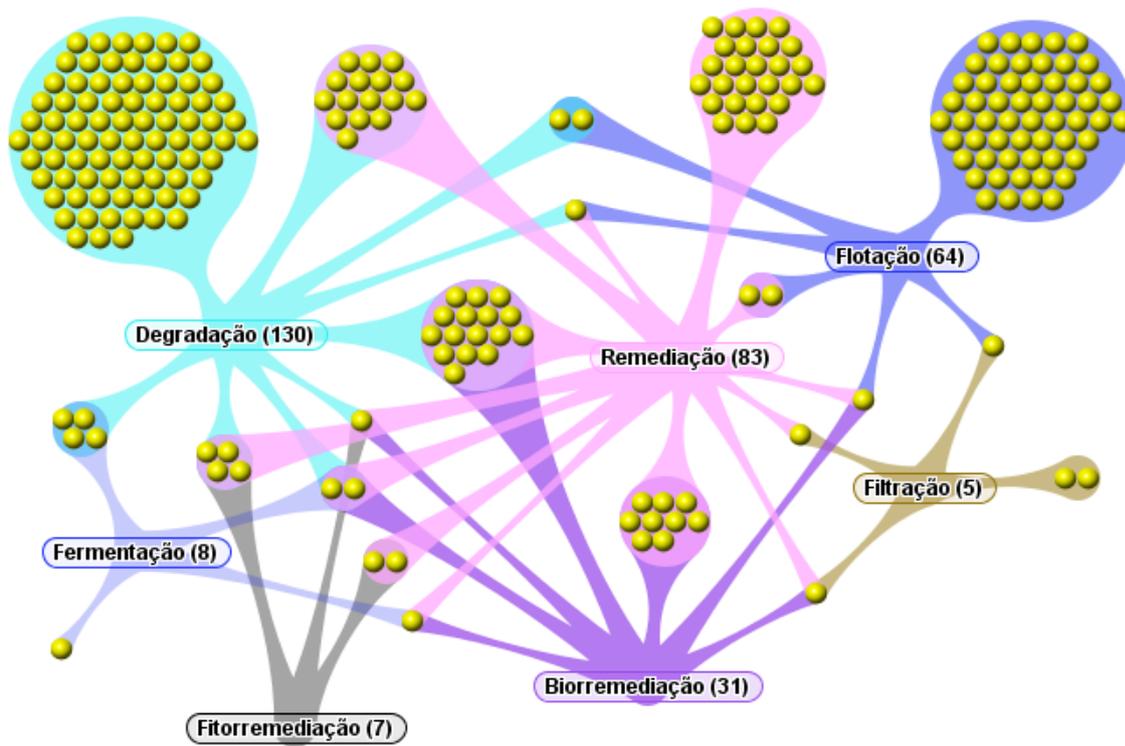
Existe, ainda, a relação de 2 patentes que desenvolve a remediação e a flotação que refere-se as tecnologias desenvolvidas para recuperação do solo contaminado utilizando a fitorremediação para auxiliar no tratamento, onde esse método utiliza sistema de raiz da planta *Emilia javanica* (*Asteraceae*) para absorver o cádmio no solo contaminado em grande quantidade e transferir o cádmio para o exterior da planta (CN101456028; CN101456029).

Quando a planta cresce a sua flor se abre e a mesma é integralmente removida e tratada adequadamente, de modo a absorver e remover uma grande quantidade de cádmio no solo, este processo é repetido de modo continuamente, e então o cádmio é extraído do solo contaminado até que seu teor cumpra a norma de segurança ambiental (CN101456028; CN101456029). E a outra patente refere-se a tecnologia desenvolvida para remediar o solo contaminado através do uso de peneiras para grãos grossos e finos, com o objetivo de separar poluentes fortes em tamanhos diferentes de grãos, sendo assim separados por flotação e passados para um reator de suspensão, e assim aplicar o tratamento biológico (DE4333490).

Por fim, o uso das diferentes técnicas associadas entre si, mostra que a descontaminação de uma área afetada requer cada vez mais a eficiência da recuperação das propriedades individuais e do uso das suas funções vitais, tanto para o seu próprio ecossistema como também para os benefícios oferecidos ao consumo humano.

A Figura 8 mostra a rede de relacionamento entre os materiais utilizados para remediar o solo contaminado que foram selecionados durante a busca nos documentos de patentes referidos a remediação das áreas contaminadas com petróleo. Observa-se que a maior parte das patentes refere-se a utilização de microrganismos e bactérias durante o processo de tratamento, seguidos de cultivo de plantas, extrato vegetal, biomassa, raízes, folhas e caules.

Figura 7 - Rede de relacionamento entre as técnicas desenvolvidas para remediar a área afetada



Fonte: Autoria própria, 2015.

Além disso, observa-se que o número de relações entre os microrganismos e bactérias tem relação com maior número de patentes depositadas.

Vale salientar que a remediação utiliza-se das técnicas já desenvolvidas e associam material consorciados ou combinações de técnicas para obter maior eficiência na recuperação da área afetada.

Pode-se citar o uso das bactérias, microrganismos, cultivo de plantas, extrato vegetal, biomassa, raízes, folhas e caules, sendo preciso verificar a particularidade do local contaminado para melhor definir aplicação do tratamento adequado.

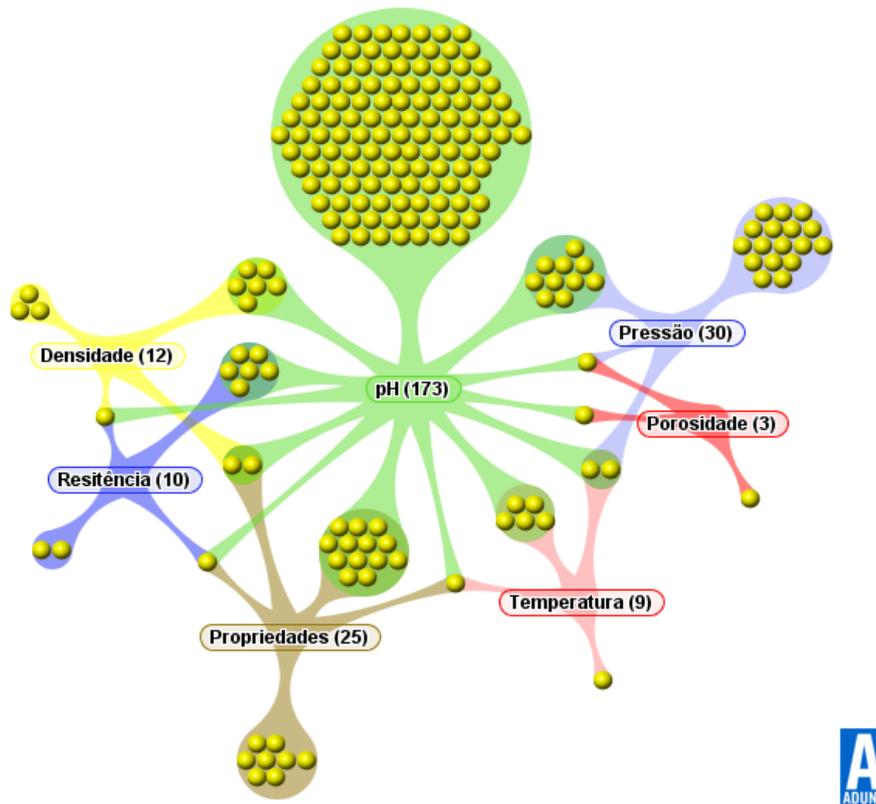
A Figura 9 mostra a rede de relacionamento entre os materiais utilizados para remediar o solo contaminado que foram selecionados durante a busca nos documentos de patentes referidos a remediação das áreas contaminadas com petróleo. Observa-se que a maior parte das patentes refere-se a utilização de microrganismos e bactérias durante o processo de tratamento, seguidos de cultivo de plantas, extrato vegetal, biomassa, raízes, folha e caule.

Além disso, observa-se que o número de relações entre os microrganismos e bactérias tem relação com maior número de patentes depositadas.

Vale salientar que a remediação utiliza-se das técnicas já desenvolvidas e associam material consorciados ou combinações de técnicas para obter maior eficiência na recuperação da área afetada.

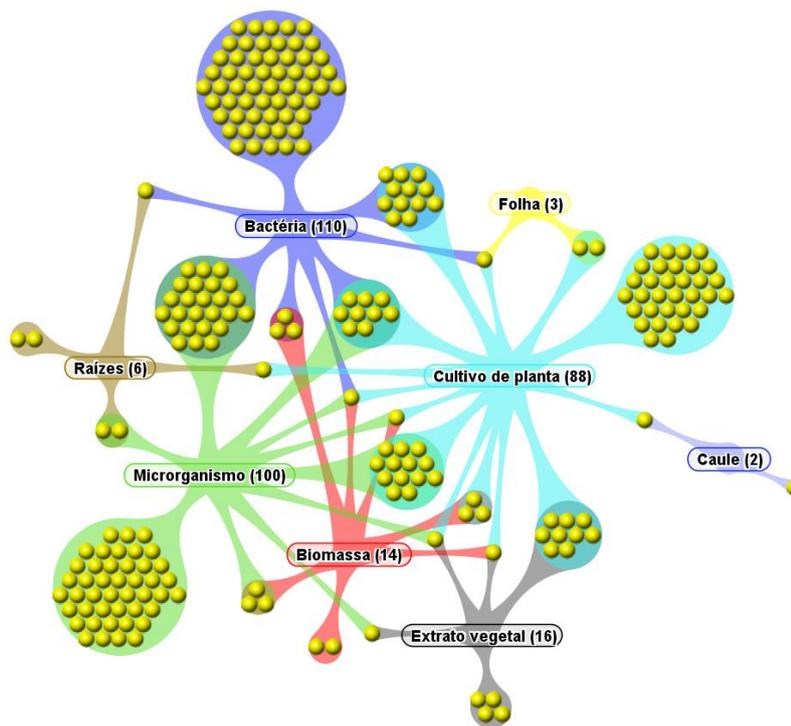
Pode-se citar o uso das bactérias, microrganismos, cultivo de plantas, extrato vegetal, biomassa, raízes, folha e caule, sendo preciso verificar a particularidade do local contaminado para melhor definir aplicação do tratamento adequado.

Figura 8 - Rede de relacionamento entre dos parâmetros físico-químicos



Fonte: Autoria própria, 2015.

Figura 9 - Rede de relacionamento entre os materiais utilizados para remediar a área afetada



Fonte: Autoria própria, 2015.

CONCLUSÃO

A partir do estudo dos documentos de patentes depositados no mundo entre o período de 1978 a 2014 sobre métodos aplicados para remediação de áreas afetadas pelo derrame de petróleo e seus derivados e tecnologias correlatas, pode-se concluir que existe uma tendência ao crescimento de depósitos, mesmo que irregular, principalmente em países desenvolvidos, indicando assim que diversas pesquisas para o desenvolvimento de novos métodos ou técnicas associadas ou combinadas têm sido realizadas.

No que diz respeito aos países de origem da tecnologia patenteada, é revelado que esta se encontra concentrada nos países mais desenvolvidos, sendo dominado pela China, Rússia e Estados Unidos, com destaque para o avanço no número de depósitos realizados pela China nos últimos anos. Foi identificado apenas um documento de patente depositado pelo Brasil, demonstrando que existe muito a ser desenvolvido dentro do tema em estudo e mostra a falta de articulação entre universidades, empresas e governo, indicando assim, a necessidade de novos incentivos que estimule o aumento e fortaleça a capacidade de inovação no país neste segmento.

A maioria das patentes depositadas foram de inventores independentes, seguido de empresa e academia. O maior número de pedidos está relacionado ao uso de diversas técnicas na descontaminação de áreas contaminadas, onde muitas patentes relatam a utilização de microrganismos, bactérias, cultivo de plantas, extrato vegetal, biomassa, raízes, folhas e caules.

Com relação aos parâmetros utilizados para caracterização das amostras os mesmo também são utilizados como indicativo na avaliação da eficiência do método aplicado para recuperação da área contaminada, levando em consideração o seu desenvolvimento durante todo o processo de tratamento, e com os efeitos e influências que à área pode sofrer.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M. **Biodegradation and Bioremediation**. New York. Academic Press, 1994. 302p.

BARBOSA, E. M.; BARATA, M. M. L.; HACON, S. S. A saúde no licenciamento ambiental: uma proposta metodológica para a avaliação dos impactos da indústria de petróleo e gás. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 2, 2012.

BHUPATHIRAJU, V. K.; KRAUTER, P.; HOLMAN, H. N.; CONRAD, M. E.; DALEY, P. F.; TEMPLETON, A. S.; HUNT, J. R.; HERNANDEZ, M.; ALVAREZ-COHEN, L. Assessment of in-situ bioremediation at a refinery waste-contaminated site and an aviation gasoline contaminated site. **Biodegradation**, v. 13, p. 79:90, 2002.

CONAWAY LAWRENCE; KELLER MICHAEL R.; NOBLE ROGER K. (Estados Unidos). Conaway Lawrence; Keller Michael R.; Noble Roger K. Method and apparatus for separating bitumen from particulate substrates. US2002US19393, 27 de fevereiro de 1997.

DMT GMBH (Alemanha). Beyer Michael Dr; Fuisting Juergen; Leonhard Joachim Dr; Sinder Christoph. Process for soil remediation. DE4333490, 2 de janeiro de 1993.

ECOTECHNIEK BV (Alemanha). Pos Jacobus. Flotation plant with vertical lamellae. GR3015307, 29 de agosto de 1991.

GEN ELECTRIC (Estados Unidos). El-Shoubary Youssef; Woodmansee Donald E. Electric enhancement of adsorbent flotation separation. US19940254840, 6 de junho de 1994.

GIGUERE MARCEL L. (Canadá). Reconditioning soils contaminated by crude oils or other refined petroleum products. US19820341824, 2 de junho de 1980.

KLOECKNER OECOTEC (Alemanha). Mackeprang Michael Dipl Ing; Weber Thomas. Removing impurities from contaminated soil - by washing with addn. of hydrophobic solid as carrier for adsorbed harmful substances. DE19914140845, 11 de dezembro de 1990.

KOREA SOIL REMEDIATION TECH CO (Coréia do Sul). Choi Hee Chul. Remediation method of petroleum contaminated soil with iron salt and hydrogen peroxide. KR20080070450, 21 de setembro de 2008.

MARIANO, A. P. **Avaliação do potencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminados com óleo diesel.** 2006. 162f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, 2006.

MARQUES, L. S.; CARVALHO, R. R.; SOUZA, M. A.; SANTOS, L. T. S.; GUIMARÃES, A. K.; QUINTELLA, C. M. Mapeamento patentário de recuperação avançada de petróleo (EOR) com aditivos poliméricos/biopoliméricos e surfactantes. **Caderno de Prospecção**, v. 7, n. 2, p. 198:207, 2014.

PLAMBECK NORBERT (Alemanha). Decontamination of contaminated soil - by mixing it with water in order to pump it through cleaning pipe. DE19904022896, 18 de julho de 1990.

RAMOS, E. F. **Contaminação por diesel em argissolo vermelho-amarelo.** 2013. 70f. Monografia (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

ROCHA E SILVA, N. M. P.; RUFINO, R. D.; LUNA, J. M.; SANTOS, V. A.; SARUBBO, L. A. Screening of pseudomonas species for biosurfactant production using low-cost substrates. **Biocatal. and Agricul. Biotechnol.**, v. 3, n. 2, p. 132:139, 2014.

SHENYANG APPLIED ECOLOGY INST (China). Lin Wang; Qixing Zhou; Rui Liu. Cadmium pollution soil repair method using ornamental plant Emilia fosbergii Nicolson. CN101456028, 14 de dezembro de 2007.

SHENYANG APPLIED ECOLOGY INST (China). Lin Wang; Qixing Zhou; Rui Liu; Zhiguo Yu. Cadmium pollution soil repair method using marigold. CN101456029, 14 de dezembro de 2007.

TARR JULIUS; LEHOTSKY JAN; HRIVNAK JAM; SANTA MICHAL (Eslováquia). Tarr Julius; Lehotsky Jan; Hrivnak Jam; Santa Michal. Agent for biological degradation of petroleum contamination. SK19900000001, 2 de janeiro de 1990.

TOSOH CORP; SAGAMI CHEM RES (Japão). Watabe Kazuo; Murayama Keiichi; Ito Hiroyuki. Petroleum-decomposing microorganism, microorganism consortium, and method for cleaning petroleum-contaminated soil by using the same. JP2008289445, 28 de maio de 2007.

UNITIKA LTD (Japão). Kawanaka Satoshi; Kitahata Kazutsugu. Biodegradation accelerator for polycyclic aromatic hydrocarbons and purifying method for water or soil polluted thereby. JPH1015529, 8 de julho de 1996.

UNIV BEIJING NORMAL (China). Ye Zhao; Zhifan Chen; Yanqin Ji; Xitao Liu; Qiang Li. Method for extracting heavy metal in soil using cotton, 30 de abril de 2008.

UNIV HARBIN NORMAL (China). Guo Changhong; Liu Jiali; Ma Jun; Shu Yongjun; Du Yingxin. ACC-deaminase-producing agrobacterium tumefaciens LJL-6 and application thereof. CN20121284869, 10 de agosto de 2012.

UNIV NANKAI (China). Zhang Cai; Qixing Zhou; Shengwei Peng; Zhineng Zhang; Peng Wang. Method for repairing oil polluted soil using ornamental plant balsamine, 25 de dezembro de 2008.

UNIV SICHUAN AGRICULTURAL; SHIRONG ZHANG; WEN YE; QIANG CHEN; XIAOXUN XU; TING LI; GUOSHU GONG; YUN LI; YONGXIA JIA; XIAOFEI JI (China). Shirong Zhang; Wen Ye; Qiang Chen; Xiaoxun Xu; Ting Li; Guoshu Gong; Yun Li; Yongxia Jia; Xiaofei Ji. Application of artemisia stolonifera in repairing of heavy metal cadmium polluted soil. CN2011125443, 24 de janeiro de 2011.

WINTERSHALL AG; BIOTECHNOLOG FORSCHUNG GMBH (Alemanha). Wagner Fritz; Lindoerfer Walter; Jahn-Held Wilhelm; Schulz Walther. Process for separating hydrocarbons from particulate solids. DE19782843685, 6 de outubro de 1978.

WOLLRICH GARY W. (Estados Unidos). Method of using a diatomaceous earth containing absorbent. US19900767879, 30 de setembro 1990.