



**XXII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GTM/10
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO –XIII

**GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAIS E TECNOLOGIAS EMERGENTES -
GTM**

MAPEAMENTO E PERSPECTIVAS DA NANOTECNOLOGIA NO SETOR ELÉTRICO

**Alexandre Pinhel Soares(*)
Furnas Centrais Elétricas S.A.**

**Adelaide Maria de Souza Antunes
Jeziel da Silva Nunes
Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI**

RESUMO

A nanotecnologia cada vez mais é apontada como peça chave para o desenvolvimento. Fala-se sobre uma nova revolução, maior até que a da eletrônica. O volume de patentes está crescendo em um ritmo que supera todos os outros grandes movimentos tecnológicos, inclusive o da química e o da eletricidade.

Diante desse cenário torna-se interessante a análise de perspectivas de uso em cada um dos segmentos produtivos. Esse trabalho investiga então quais desses avanços podem ter aplicação na melhoria de projetos e de técnicas de manutenção em sistemas relacionados com geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Por se tratar de tecnologia de ponta ainda incomum no país, o trabalho se baseia na busca de documentos de patentes em bases internacionais. Posteriormente há processamento para identificação dos detentores de tecnologia para uso no curto prazo e tendências para o médio e longo prazo. Por fim serão apresentadas recomendações específicas para os sistemas identificados como possíveis beneficiários.

Essa é uma iniciativa inédita que, além de investigar o uso da nanotecnologia no Setor Elétrico, pretende servir de exemplo sobre como a análise de documentação patentária pode sugerir e orientar linhas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) mais aderentes às necessidades empresariais.

PALAVRAS-CHAVE

Nanotecnologia, sistemas elétricos, patentes, mapeamento tecnológico, prospecção tecnológica.

1.0 - INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é a tecnologia no nível molecular, onde a física clássica dá lugar à física quântica fazendo surgir efeitos surpreendentes e que transcendem o esperado pela mera redução do tamanho. Ela cobre itens que possuam partes funcionais com menos de 100nm em pelo menos uma dimensão. Abrange também métodos de controle, manipulação, processamento, fabricação ou medição com precisão menor que 100nm. O termo foi cunhado por Norio Taniguchi em 1974 em um artigo sobre técnicas de fabricação de materiais de alta precisão¹ [1].

¹ Segundo Taniguchi: "Nano-technology is the production technology to get the extra high accuracy and ultra fine dimensions, i.e. the preciseness and fineness on the order of 1 nm (nanometer). The name of 'Nano-technology' originates from this nanometer. In the processing of materials, the smallest bit size of stock removal, accretion or flow of materials is probably of one atom or one molecule namely 0.1~0.2 nm in length. Therefore, the expected limit size of fineness would be of the order of 1 nm. Accordingly, 'Nano-technology' mainly consists of the processing of separation, consolidation and deformation of materials by one atom or one molecule."

A primeira abordagem ao assunto remonta ao pós-guerra norte-americano, nos pensamentos visionários de Richard Feynman, expressos em sua famosa palestra *There's Plenty of Room at the Bottom* [2]. Nesse trabalho Feynman levantou a possibilidade de manipulação de átomos para construção de máquinas miniaturizadas (*tiny machines*) e chamou a atenção para as potencialidades em armazenamento de dados e computação.

A despeito da riqueza dada por Feynman ao assunto, sua enorme fama e reputação² e a divulgação em revistas populares, essas idéias não causaram efeitos práticos, mesmo com desafios às universidades e prêmios em dinheiro [3]. Nos vinte anos seguintes somente três trabalhos citaram Feynman, sendo um deles depreciativo.

Essa tendência ao esquecimento se inverteu em 1979. O então aluno de mestrado Eric Drexler vinha desenvolvendo processos para deposição de filmes metálicos ultrafinos para uso em navegação espacial. Esse trabalho o envolveu na busca de material sobre o que hoje se chama nanotecnologia molecular (MNT) e, ao encontrar o texto de Feynman, ficou fascinado com as possibilidades e decidiu se aprofundar no assunto. Em 1981, publicou um artigo surpreendente [4] que evoluiu para um trabalho de grande envergadura publicado em 1985 [5] e que sacramentou a inclusão da nanotecnologia na agenda popular.

Um ano após esse sucesso Drexler fundou, nos EUA, o Instituto Foresight (www.foresight.org) para fomentar o avanço benéfico da nanotecnologia ("*advancing beneficial nanotechnology*"). Atualmente essa é a maior sociedade civil envolvida no tema. Em 1991 Drexler terminou seu doutorado, o primeiro no mundo em nanotecnologia [6] e, no ano seguinte, ampliou seus estudos e publicou mais um livro para o grande público³ [7].

Feynman por sua vez só veio a retornar ao tema em 1983 [8,9] e mesmo assim de forma pontual. Nessa nova versão de suas reflexões ele ampliou sua visão inicial incluindo aspectos mais concretos relacionados a semicondutores. Mas novamente não causou impacto técnico.

As abordagens de divulgação de Feynman e Drexler não foram as únicas linhas de investigação. De fato a nanotecnologia só começou a tomar forma mais nítida no transcurso da década de 80. Nesse período as pesquisas da IBM sobre novos tipos de microscópios com resolução atômica [10,11,12] demonstraram a possibilidade de manipulação individual de átomos⁴. Foi também nessa época que ocorreram as descobertas de novos tipos de moléculas de carbono com propriedades inéditas e com grande potencial de aplicações [13,14].

Nos anos 90 ficou claro que o potencial da nanotecnologia tinha dimensões de uma nova revolução técnica. Em 1998 os EUA através do *The White House's National Science and Technology Council* formou o grupo de trabalho em nanotecnologia que evoluiu para a *National Nanotechnology Initiative* (NNI), lançada em 2001 como esforço de coordenação para o novo ambiente competitivo que estava surgindo.

Reação semelhante ocorreu em 2002 na União Européia com o lançamento do Nanoforum (www.nanoforum.org) cujo objetivo era divulgar junto ao público as vantagens e os riscos do novo segmento. A partir daí os avanços na área começaram a se tornar expressivos e, atualmente, mais de 60 países possuem iniciativas estratégicas semelhantes.

2.0 - CONTEXTO

O Brasil inicialmente reagiu rápido e estabeleceu uma política de nanotecnologia em 2001. Atualmente o Programa Nacional de Nanotecnologia [15] tem por meta alcançar 1% do mercado mundial do setor. A partir dele foram criadas dez redes colaborativas denominadas Redes BrasilNano. São elas:

- Simulação e modelagem de nanoestruturas
- Rede de Nanofotônica
- Rede Nacional de Nanobiotecnologia e Sistemas Nanoestruturados
- Rede Cooperativa de Pesquisa em Revestimentos Nanoestruturados
- Microscopias de varredura de sondas - software e hardware abertos
- Nanotubos de Carbono: ciência e aplicações
- Nanoglicobiotecnologia
- Rede de nanotecnologia molecular e de interfaces
- Rede de Nanobiomagnetismo
- Nanocosméticos: do conceito às aplicações tecnológicas.

² Feynman era famoso por ministrar palestras que tornavam claros os assuntos mais obscuros da Física. Trabalhou de forma secundária no desenvolvimento da bomba atômica (Projeto Manhattan). Recebeu o Prêmio Albert Einstein (1954) por seus trabalhos na teoria quântica da eletricidade e magnetismo e o Prêmio Nobel de Física (1965) por suas contribuições à eletrodinâmica quântica.

³ Premiado pela *Association of American Publishers* como melhor livro do ano em Ciência da Computação.

⁴ Os cientistas da IBM Heinrich Rohrer e Gerd Binnig desenvolveram o microscópio de varredura por tunelamento (*Scanning Tunneling Microscope* – STM) em 1981 e, por este trabalho, ganharam o Prêmio Nobel de Física em 1986. Em 1985 Gerd Binnig, Calvin Quate e Christoph Gerber inventaram o microscópio de força atômica (*Atomic Force Microscope* - AFM). Em 1989 Donald Eigler e Erhard Schweizer, também da IBM, utilizaram um STM para escrever o nome da empresa em uma superfície de níquel utilizando 35 átomos de xenônio.

Percebe-se que, pela distribuição acima, não há esforço específico para uso no Setor Elétrico. Os interesses estão mais relacionados à saúde (fármacos, alimentos, cosméticos e métodos terapêuticos) e a novos materiais de uso geral. Essa realidade não é exclusiva do Brasil. Por exemplo, os planejamentos estratégicos norte-americanos [16,17] só abordam de forma mais explícita os sistemas elétricos quando definem metas para o desenvolvimento dos sistemas fotovoltaicos e das *fuel cells*.

Grandes avanços também vêm ocorrendo em eletrônica e optoeletrônica fazendo com que parte da utilização da nanotecnologia ocorra de forma passiva, por simples atualização dos sistemas de computação, automação e telecomunicações. Nesse aspecto deve haver acompanhamento da evolução dos equipamentos de forma que as novas aquisições incorporem as características mais interessantes.

Para as outras áreas de interesse do Setor Elétrico a busca por melhorias com base na nanotecnologia deve ser mais ativa, através de estratégias de mapeamento e prospecção como a apresentada a seguir.

3.0 - METODOLOGIA

A escolha da documentação patentária como material de busca baseou-se no fato desse tipo de literatura conter grande parte da informação técnica disponível e utilizável [18]. Além disso, esse material tem aderência ao viés empresarial desse levantamento, uma vez que se consegue com essa abordagem localizar desenvolvimentos que tem potencial de serem aplicados na prática.

O escopo de interesse foi restringido aos equipamentos fundamentais do Setor Elétrico [19], em especial às partes que apresentam problemas cujas abordagens convencionais não têm conseguido mais promover avanços notáveis. Essa condição remete à busca por rompimento de paradigma, que pode ocorrer com o uso da nanotecnologia. Almeja-se com isso melhoria de desempenho, aumento de confiabilidade e redução de custo de manutenção.

Para respaldar essa subjetividade levantou-se também o estado da técnica a partir de periódicos especializados. Como as publicações do IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineering*) são as mais citadas em documentos de patentes [20] foram feitas consultas à base de dados dessa instituição⁵ procurando detectar tendências para ajustar o escopo da busca. O resultado pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1: Equipamentos principais do Setor Elétrico com possíveis aplicações da nanotecnologia

Equipamento	Escopo	Aplicação da nanotecnologia
- Rotativo - de transformação - de manobra	- Partes elétricas - Partes magnéticas - Partes mecânicas - Lubrificantes - Isolantes	- Redução de perdas energéticas - Aumento da durabilidade das partes mecânicas - Aumento da eficiência e durabilidade da lubrificação e da isolação
- de transmissão	- Cabos - Isoladores - Pára-raios	- Redução de peso e de perdas energéticas - Criação de superfícies autolimpantes - Aumento da eficiência e durabilidade dos varistores
- Auxiliar	- Armazenamento - Fontes	- Aumento da capacidade e do rendimento

Como os depósitos de pedidos de patente são realizados localmente em cada país de interesse, desenvolveu-se uma padronização para facilitar as consultas. Todo documento deve ser enquadrado no que se denomina Classificação Internacional de Patentes (CIP)⁶. Como a tecnologia é dinâmica, esse sistema já sofreu diversas modificações, sendo uma delas a inclusão, em 1999, de uma classe específica para nanotecnologia (tabela 2).

A característica local do registro faz com que toda investigação baseada nesse tipo de documento seja tão mais abrangente quanto a quantidade de países investigados. Buscas realizadas em bases de dados de acesso gratuito como as dos escritórios de patente dos EUA e da Europa já dariam boa cobertura à nanotecnologia, porém, por questões de disponibilidade optou-se pela utilização do sistema comercial *Derwent Innovations Index*. Essa plataforma consolida dados de patentes concedidas e pedidos de patente depositados em 47 países e conta, atualmente⁷, com cerca de 23 milhões de documentos. O sistema Derwent, além de utilizar a CIP, possui uma classificação própria que detalha mais o escopo do documento (Tabela 3), incluindo várias informações práticas que auxiliam as análises.

⁵ www.ieee.org/ieeexplore.

⁶ A CIP é uma estrutura hierárquica simbólica que enquadra as patentes nas categorias a que elas pertencem. Foi definida em 1971 pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI – www.wipo.int), órgão da Organização das Nações Unidas.

⁷ De janeiro de 1963 a abril de 2013.

Tabela 2: Seções da CIP com as áreas de interesse em itálico

Seção	Escopo
A	Necessidades Humanas
B	Operações de processamento; Transportes
<i>... B82</i>	<i>Nanotecnologia</i>
C	Química; Metalurgia
D	Tecidos; Papéis
E	Construções fixas
F	Engenharia mecânica; Descargas atmosféricas; Aquecimento; Armas; Explosivos
G	Física
<i>H</i>	<i>Eletricidade</i>

Tabela 3: Seções do sistema Derwent com as áreas de interesse em itálico

Seção	Escopo
A	Polímeros e plásticos
B	Farmacêutico
C	Química para agricultura
D	Alimentos, detergentes, tratamento de água e biotecnologia
E	Química (geral)
F	Tecidos e papéis
G	Impressão, revestimentos e fotografia
H	Petróleo
<i>H07</i>	<i>Lubrificantes</i>
J	Engenharia química
K	Nuclear, explosivos e proteção
L	Refratários, cerâmicas, cimentos e eletro(in)orgânicos
<i>L03</i>	<i>Características químicas de dispositivos elétricos</i>
M	Metalurgia
P	Engenharia (geral)
Q	Engenharia mecânica
S	Instrumentação medição e ensaios
T	Computação e controle
U	Semicondutores e circuitos eletrônicos
V	Componentes eletrônicos
W	Comunicações
<i>X</i>	<i>Engenharia elétrica de potência</i>

Os dados preliminares foram obtidos a partir do cruzamento HNB82 da CIP (tabela 2), i.e., os documentos pertencentes à interseção entre domínios da eletricidade e da nanotecnologia. Porém esse conjunto de dados praticamente não continha material sobre duas demandas importante: lubrificantes e óleos isolantes. Essas lacunas foram preenchidas com buscas nos tópicos “lubrificantes e graxas” e “óleos isolantes” dentro do domínio da nanotecnologia, cobrindo dessa forma os documentos contidos fora da interseção previamente investigada. Em seguida, utilizando a classificação proprietária do Sistema Derwent, selecionou-se os documentos relativos à engenharia elétrica de potência (seção X), os documentos referentes às características químicas de dispositivos elétricos (seção L03) e lubrificantes (seção H07).

4.0 - RESULTADOS

Devido a regras de sigilo que variam conforme o país, parte dos dados de 2011 e o período 2012-2013 não estavam disponíveis para coleta.

A busca HNB82 obteve 7780 documentos, a busca extra por lubrificantes acrescentou 162 documentos e a busca extra por óleos isolantes acrescentou mais 30. Após a eliminação de duplicidades e aplicação da filtragem pela classificação Derwent para as seções X, L03 e H07 obteve-se 6220 documentos. Foram então excluídos os documentos referentes a eletrônica, biomédica, materiais e outros assuntos. O restante foi organizado segundo as aplicações listadas na tabela 1. Para tanto se utilizou os títulos, os códigos Derwent e os resumos. Por precaução os documentos excluídos foram analisados em busca de ausências importantes, o que resultou em inclusões manuais. Essa estratégia pode ser vista na tabela 4 e a classificação do conjunto de trabalho pode ser vista da tabela 5.

Tabela 4: Sumário da estratégia de busca

Documentos	Quantidades
HNB82	7780
(Lubrificantes)NB82	162
(Óleos isolantes)NB82	30
Filtragem Derwent \neq (X+L03+H07)	-1752
Eletrônica	-3367
Biomédica	-233
Materiais diversos	-831
Assuntos diversos	-441
Inclusões manuais	67
Conjunto de trabalho	1415

Tabela 5: Distribuição dos temas no conjunto de trabalho

Demandas	Quantidades	
	n	%
Fontes	695	49,11
<i>Fuel cells</i>	299	
Painéis fotovoltaicos	396	
Armazenamento	560	39,57
Baterias	502	
Supercapacitores	58	
Revestimentos	32	2,26
Hidrofóbicos	23	
Protetivos	9	
Lubrificantes	70	4,95
Óleos isolantes	1	0,07
Materiais elétricos e magnéticos	57	4,04
Fios e cabos	29	
Partes magnéticas	10	
Contatos	9	
Isolantes	7	
Varistores	2	
Total	1415	100

Não foi observada hegemonia por parte de empresas, instituições acadêmicas ou centros de pesquisa, indicando grande pulverização e especialização técnica. Porém mais de 80% dos documentos têm origem nos EUA (30%), Coréia do Sul (23%), Japão (16%) e China (14%), caracterizando concentrações regionais.

A análise do conjunto de trabalho permitiu a identificação de candidatos a parcerias de P&D, além de revelar aspectos importantes em cada um dos temas, conforme a seguir.

4.1 – Fontes e sistemas de armazenamento de energia elétrica

Quase metade dos documentos analisados trata de avanços em *fuel cells* e painéis fotovoltaicos. No caso das *fuel cells* do tipo PEM (*Proton Exchange Membrane*) uma das dificuldades é a necessidade de metais nobres como platina e paládio. Há tendência de substituição desses metais por nanotubos de carbono, nanopartículas de cobalto e outros materiais, com enorme redução de custo.

Outro aspecto importante percebido é o crescimento, a partir de 2008, do uso de nanotecnologia nas SOFCs (*Solid Oxide Fuel Cells*). Essa vertente tecnológica já está em uso para produção de energia elétrica em instalações de médio porte, mas apresenta dificuldades devido à alta temperatura de operação. Revestimentos nanotecnológicos poderão reduzir os desgastes e as temperaturas de operação, permitindo a adoção em grande escala dessa tecnologia, inclusive em instalações de pequeno porte e dispositivos móveis.

Nos painéis fotovoltaicos, a nanotecnologia está substituindo o silício causando redução de custo e introduzindo características interessantes como flexibilidade e transparência (para uso em janelas, por exemplo). Há também desenvolvimentos com foco no aumento do rendimento.

Cerca de 40% dos documentos estudados tratam de armazenamento eletroquímico em baterias e supercapacitores. Descrições de materiais baseados em lítio ocorrem em cerca de 70% desses documentos. O uso

do lítio no Setor Elétrico já é uma realidade [21], porém em volumes inexpressivos. O crescente uso da nanotecnologia nesse campo poderá acelerar a velocidade de adoção dos compostos de lítio como paradigma principal para armazenamento eletroquímico, no lugar dos compostos de chumbo, níquel-cádmio e outros.

O panorama geral de evolução desses temas no viés da nanotecnologia pode ser visto na figura 1. Como comentário adicional, salienta-se que esses assuntos também são relevantes para os estudos de tendência da geração distribuída de energia elétrica. Cada uma dessas constatações, individualmente, tem potencial para alavancar fortemente esse paradigma, a sinergia entre elas provavelmente o fará.

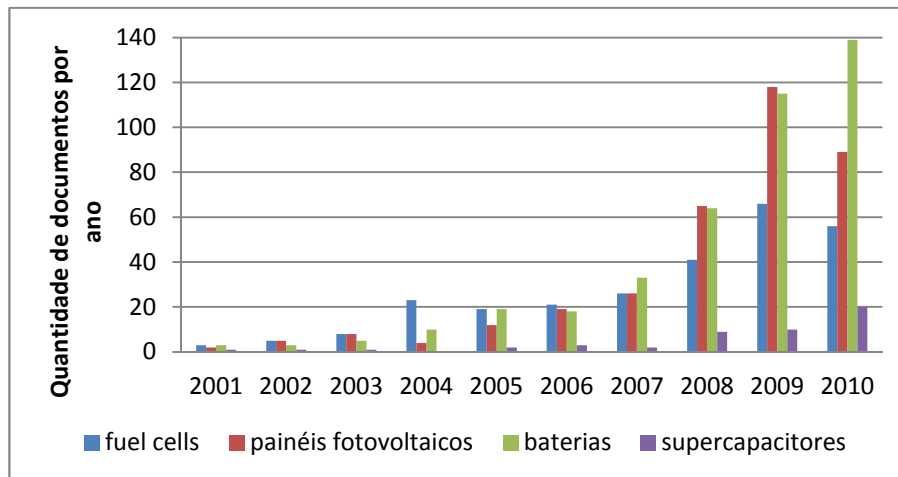


Figura 1: Evolução da nanotecnologia em fontes e sistemas de armazenamento de energia elétrica

4.2 – Revestimentos

A quantidade de documentos nesses temas e sua distribuição no tempo não sugerem tendência de crescimento em P&D. Porém há exemplos de revestimentos hidrofóbicos que poderiam ser aplicados em superfícies como as encontradas nos isoladores dos sistemas de transmissão e nos painéis fotovoltaicos. A aplicação desses materiais adiciona característica autolimpante, proporcionando redução dos custos de manutenção.

Revestimentos protetivos para partes críticas como lâminas de turbinas também foram localizados. Nesses casos os desenvolvedores são grandes fabricantes de máquinas, indicando potencial de aplicação em futuro próximo.

4.3 – Lubrificantes

A indústria petroquímica, tradicional líder desse segmento, respondeu por 5% dos documentos. O restante apareceu distribuído entre universidades, centros de pesquisa e diversos setores industriais como o metal-mecânico, automobilístico, aeronáutico e de química fina. Esse contexto sugere que as inovações nanotecnológicas nesse tema terão origens diversificadas e que alguns setores tipicamente consumidores de lubrificantes estão desenvolvendo soluções próprias. Já a diversidade e o grande porte dessas empresas indicam que ocorrerão avanços em futuro próximo.

4.4 – Óleos isolantes

Devido aos enormes volumes de óleo utilizados em transformadores, a aplicação da nanotecnologia nesse tema acontecerá por meio do desenvolvimento de aditivos. Somente um documento foi encontrado com foco nesse assunto, evidenciando carência de investigação, especialmente por parte dos fabricantes de transformadores.

4.5 – Materiais elétricos e magnéticos

A maior parte das aplicações em materiais elétricos e magnéticos ocorreu em fios e cabos sendo que metade delas surgiu em 2010. Apesar de não haver material suficiente para sugerir tendências, percebe-se um aumento de interesse na incorporação da nanotecnologia nesses produtos. O principal aspecto abordado foi a utilização de nanotubos de carbono e outros nanocompósitos em conjunto com ligas metálicas tradicionais para melhoria das características físicas gerais (redução da resistência elétrica e do peso e aumento da resistência mecânica).

Foram poucos os demais avanços percebidos, mas merece destaque o uso de revestimentos na melhoria de contatos elétricos. Parece portanto não haver tendências de uso nem aumento de interesse ao longo do tempo pela nanotecnologia nesses temas, evidenciando lacunas de P&D e sugerindo oportunidades.

4.6 – Outros indicativos

Por uma questão de foco, o conjunto de trabalho tratou somente dos equipamentos principais. Porém outros temas de interesse foram percebidos, merecendo análise futura. São eles:

- Blindagem eletromagnética para equipamentos eletrônicos
- Reforço de concreto
- Reforço de pás de geradores eólicos
- Proteção contra corrosão
- Filtragem de ar e água
- Detecção de gases
- Conversão de energia
- Supercondutores

5.0 - CONCLUSÕES

O escopo definido excluiu da análise os equipamentos e dispositivos eletrônicos devido ao entendimento de que os benefícios que a nanotecnologia trará para esses setores serão transparentes aos usuários finais. Caberá ao Setor Elétrico atentar para esses avanços de forma a realizar aquisições compatíveis com suas necessidades.

Alguns dos documentos associados a lubrificantes e óleos isolantes não incluídos no domínio da eletricidade em sua classificação de origem (CIP H) foram classificados pela Derwent como aplicáveis à engenharia elétrica de potência (Derwent X). Essa divergência mostra a importância de uma estratégia de busca bem elaborada que não seja limitada ao uso exclusivo da CIP. Outro indicador da qualidade da estratégia de busca adotada é o fato de que somente 5% dos documentos relevantes foram incluídos manualmente.

O ritmo de crescimento de P&D nanotecnológicos em baterias, supercapacitores, *fuel cells*, e painéis fotovoltaicos indicam que os avanços nesses temas ocorrerão independentemente de ações do Setor Elétrico, que poderá se beneficiar na medida em que for adotando, com coerência, as soluções disponibilizadas.

Nenhum dos outros temas apresentou tendência clara. Nesses casos os documentos apareceram aleatoriamente dispersos no tempo e trataram de aspectos diversos, sem predominâncias específicas. Esse cenário evidencia que a nanotecnologia está somente começando a despertar interesse nesses assuntos e que há ainda muitas lacunas com oportunidade de P&D. Apesar disso há perspectiva de disponibilidade, em futuro próximo, de:

- Fios e cabos mais resistentes e com menores perdas energéticas
- Superfícies autolimpantes
- Partes mecânicas críticas mais resistentes
- Lubrificantes mais eficientes e duráveis

Por questões inerentes à nanotecnologia⁸, é indicado que o Setor Elétrico, inicialmente, procure cobrir as lacunas percebidas com o uso inovador de materiais já existentes ao invés de se envolver com desenvolvimentos de novos produtos. Para isso é recomendável a participação ativa nas redes nacionais de pesquisa que tratam de materiais⁹.

Como a documentação analisada permite a identificação de possíveis parcerias pode-se criar um portfólio de P&D enxuto e focado em prioridades. Escolhas acertadas podem alavancar a capacitação interna e a disputa por espaço relevante no mercado internacional de nanotecnologia. Pelo que foi visto, algumas opções são:

- Utilização de aditivos em óleos isolantes para transformadores
- Aplicação de revestimentos protetivos em contatos elétricos e turbinas
- Aplicação de revestimentos hidrofóbicos em isoladores

Além destes, verificou-se que outros temas relevantes para o Setor Elétrico (item 4.6) estão sendo abordados pelo viés nanotecnológico, o que pode resultar também em avanços interessantes. É então importante que esses assuntos sejam monitorados e uma boa forma de fazê-lo é através de análises semelhantes a aqui apresentada.

Por fim, há indicativo de que a nanotecnologia será fator chave nos desenvolvimentos que viabilizarão, em larga escala, a geração distribuída, movimento que tem perspectiva de redefinir a estrutura do Setor Elétrico.

⁸ Apesar de não abordado neste trabalho, os custos para capacitação, desenvolvimento e fabricação de nanomateriais são muito altos.

⁹ "Rede Cooperativa de Pesquisa em Revestimentos Nanoestruturados" e rede de "Nanotubos de Carbono: ciência e aplicações" do Programa Nacional de Nanotecnologia [15].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Taniguchi, "On the Basic Concept of 'Nano-Technology'", In: Proceedings of the International Conference on Production Engineering, Tokyo: Japan Society of Precision Engineering, 1974.
- [2] Feynman, K. R., "There's plenty of room at the bottom", Caltech Engineering and Science, Vol. 23, pp. 22-36, EUA, 1960.
- [3] Tourney, C., "Reading Feynman into nanotechnology: A text for a new science", Techné: Research in Philosophy and Technology 12:3, 2008.
- [4] Drexler, K. E., "Molecular Engineering: An Approach to the Development of General Capabilities for Molecular Manipulation" Proceedings of National Academy of Science, 78(9):5275-78, 1981.
- [5] Drexler, K. E., "Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology", Garden City NY: Anchor, 1986.
- [6] Drexler, K. E., "Molecular Machinery and Manufacturing with Applications to Computation (Ph.D. thesis)", Massachusetts Institute of Technology, 1991.
- [7] Drexler, K.E., "Nanosystems: Molecular Machinery Manufacturing and Computation", NY, Wiley, 1992.
- [8] Feynman, R. P., "Infinitesimal machinery", Journal of Microelectromechanical Systems, vol. 2, no. 1, 1993.
- [9] Feynman, R. P., "Tiny Machines", Youtube, acesso em 9 de abril de 2013.
- [10] Binnig, G., Rohrer, H., "Scanning tunneling Microscope", United States Patent 4343993, USPTO, 1982.
- [11] Binnig, G., Rohrer, H., "Scanning tunneling Microscope", Surface Science 126, pg 236-244, North-Holland Publishing Company, 1983.
- [12] Binnig, G., "Atomic Force Microscope and Method for Imaging Surfaces with Atomic Resolution", United States Patent RE33387, USPTO, 1990.
- [13] Kroto, H. W., Heath J. R., O'Brien, S. C., Curl, R. F. and Smalley, R. E., "C60: Buckminsterfullerene", Nature 318, pg 162-163, 1985.
- [14] Sumio, I., "Helical microtubules of graphitic carbon", Nature 354, pg 56-58, 1991.
- [15] Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento, Departamento de Políticas e Programas Temáticos, Coordenação-geral de Micro e Nanotecnologia, "Programa de C,T&I para nanotecnologia", www.mct.gov.br, 2008.
- [16] National Science and Technology Council, Committee on Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology, "National Nanotechnology Initiative Strategic Plan", www.nano.gov, 2011.
- [17] Foresight Institute, "Productive Nanosystems: A Technology Roadmap", www.foresight.org, 2007.
- [18] Ouellette, L. L., "Do patents disclose useful information?", Harvard Journal of Law & Technology Volume 25, Number 2, 2012.
- [19] Electric Power Research Institute, "Power plant electrical reference series", EUA, (ISBN 0-8033-5015-5), 1987.
- [20] 1790 Analytics, "Analysis of Patent Referencing to IEEE Papers, Conferences and Standards 1997-2011", EUA, 2012.
- [21] Soares, A.P. et al., "The lithium-ion stationary battery in Brazil", INTELEC, Arizona, EUA, 2012