

Sistemas Informatizados de Monitoramento e Análise da Qualidade do Gesso: prospecção e desenvolvimento de novas tecnologias para fortalecimento do Polo Gesseiro do Araripe

Computerized Systems for Monitoring and Analyzing the Quality of Gypsum: prospecting and development of new technologies to strengthen the Araripe Industrial Complex

Daniel Lucas Nunes de Alencar Alves¹

Vivianni Marques Leite dos Santos¹

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil

Resumo

A maior parte do gesso produzido no Brasil é proveniente do Polo Gesseiro do Araripe, que reúne centenas de indústrias em Pernambuco. Um dos desafios do Polo é a fragilidade do controle de qualidade de seus produtos, que, por vezes, é realizado manualmente. O objetivo deste trabalho é identificar, por meio de uma prospecção tecnológica, a disponibilidade de sistemas informatizados para o monitoramento e a análise da qualidade na produção do gesso. As buscas consideraram patentes (Orbit®), artigos científicos, registros de programa de computador (RPCs) e o portfólio de empresas. Não foram encontrados RPCs, e as patentes analisadas estão voltadas para o modelo produtivo chinês. Dois possíveis produtos foram encontrados no mercado sendo um nacional e outro internacional, embora ambos ainda precisam ter suas viabilidades confirmadas. Por fim, é proposto, na forma de um *roadmap* tecnológico, o desenvolvimento de um sistema personalizado segundo as necessidades do Polo Gesseiro do Araripe.

Palavras-chave: Gesso. Monitoramento e Análise de Qualidade. Sistema de Informação.

Abstract

Most of the gypsum produced in Brazil comes from the Araripe Industrial Complex, which is made up of hundreds of industries in the State of Pernambuco. One of Complex's challenges is the fragility of the quality control of its products, which is sometimes carried out manually. The objective of this work is to identify, through a technological prospection, the availability of computerized systems for monitoring and analyzing the quality of gypsum production. The searches considered patents (Orbit®), scientific articles, software registration (SRs) and the portfolio of companies. No SRs were found and the analyzed patents are aimed at the Chinese production model. Two possible products were found on the market, one national and the other international, both of which still need to have their viability confirmed. Finally, it is proposed, in the form of a technological roadmap, the development of a customized system according to the needs of the Araripe Industrial Complex.

Keywords: Gypsum. Quality Monitoring and Analysis. Information System.

Área Tecnológica: Prospecção Tecnológica, Tecnologia da Informação.



1 Introdução

O gesso é um material obtido a partir do beneficiamento da gipsita, um minério não metálico à base de cálcio. Em sua forma comercial mais comum, apresenta-se como um pó esbranquiçado, constituindo um aglomerante com aplicações em diversos ramos industriais. A construção civil é a principal consumidora desse versátil produto, que é empregado para revestimento de superfícies, aditivo para cimento, decoração, alvenaria, confecção de pré-moldados, entre outros (BARBOSA; FERRAZ; SANTOS, 2014).

Em 2020, a produção brasileira de gipsita foi estimada em 3,2 milhões de toneladas, correspondendo a 2,1% da produção mundial (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2020). Aproximadamente, 90% dessa produção é proveniente do Polo Gesseiro do Araripe, que abrange cerca de 800 empresas localizadas na região do Sertão do Araripe em Pernambuco (BRASIL, 2021). A mineração da gipsita e a fabricação do gesso e seus derivados formam um dos pilares econômicos dessa localidade, que compreende 10 municípios no Extremo Oeste do estado (LIMA; SANTOS FILHO; MISAS, 2019).

Apesar de os estados do Pará e da Bahia possuírem reservas de gipsita maiores que Pernambuco, a facilidade na extração e o altíssimo grau de pureza do minério encontrados nesse último se traduzem em vantagens competitivas que ajudam a explicar a sua dominância no mercado nacional (BARROS; NUNES NETO; VERGOLINO, 2006; LIMA; SANTOS FILHO; MISAS, 2019).

Por outro lado, alguns autores apontam a existência de múltiplos obstáculos ao crescimento e à sustentabilidade do Polo Gesseiro, a exemplo da necessidade de aperfeiçoar o controle de qualidade da sua cadeia produtiva (BARROS; NUNES NETO; VERGOLINO, 2006; FERREIRA, 2017; ARRUDA; SILVA FILHO, 2018; SANTOS; SANTOS, 2021). As fábricas da região, em sua maioria, se limitam a produtos de menor valor agregado, com critérios mais simples de qualidade, e mesmo estes, por vezes, não atendem às expectativas do mercado e/ou às normatizações dos órgãos técnicos (ARRUDA; SILVA FILHO, 2018; SOUZA *et al.*, 2017). Nesse contexto, Arruda e Silva Filho (2018, p. 13) discorrem acerca do Polo Gesseiro do Araripe:

[...] a falta de padronização e caracterização fazem com que o produto não tenha o essencial para alcançar os padrões necessários de uniformização, é um bem sem diferenciais, sendo os produtos produzidos pelas diversas firmas substitutos entre si. Cada empresa adota seu padrão de pesos e tamanhos. Essa ineficiência transmite aos novos investidores potenciais um sentimento de informalidade do setor, o que pode ser interpretado por muitos como um ponto negativo.

Verifica-se que muitas das principais empresas do Polo Gesseiro divulgam em seus canais de comunicação na internet a disponibilidade de laboratórios próprios para ensaio de amostras de gesso, todavia, segundo o Inmetro (2021), apenas uma empresa da região possui a certificação ABNT NBR ISO 9001:2015¹, que, entre outras exigências, estabelece padrões rigorosos para gestão da qualidade.

Na produção do gesso, os parâmetros que apontam a qualidade e definem a classificação mercadológica do produto, a exemplo do tempo de enrijecimento (“*tempo de pega*”), estão relacionados com diversos aspectos referentes à matéria-prima, aos processos de beneficiamento,

¹ Códigos NACE (detalhado) pesquisados: 23.52, 23.62, 23.69 e 23.99.

ao armazenamento, às condições ambientais, entre outros (FERREIRA, 2017). Nesse contexto, é importante realizar uma extensa coleta de dados ao longo do processo produtivo de forma ágil, bem como ser capaz de gerar informações relevantes a partir deles.

Essa ação, porém, além de não ser uma tarefa simples, pode demandar o uso de ferramentas de tecnologia da informação para monitoramento e análise, o que, junto às especificidades do processo produtivo do gesso, justifica a realização de um estudo prospectivo, a fim de identificar a disponibilidade desse tipo de tecnologia no mercado. Para Caruso e Tigre (2004, p. 17), esse estudo consiste em “[...] um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo”.

Um estudo prospectivo, por sua vez, pode ser usado como base para construção de um *roadmap* tecnológico, um artefato de planejamento estratégico amplamente utilizado na indústria, para o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004). Dessa forma, é possível conhecer a disponibilidade tecnológica atual, mas não se limitar a ela.

A partir dessa conjuntura, este artigo tem como objetivo identificar, por meio de um estudo prospectivo, a disponibilidade de sistemas informatizados para o monitoramento e a análise de qualidade na produção do gesso, com ênfase na aplicabilidade à realidade do Polo Gesseiro do Araripe, bem como construir um planejamento estratégico, na forma de um *roadmap* tecnológico, para o desenvolvimento de uma solução com essas características.

2 Metodologia

Este trabalho possui natureza exploratória, empregando pesquisa documental e bibliográfica com mescla de abordagem quantitativa e qualitativa. Considerando que aproximadamente 70% do conhecimento tecnológico está disponível exclusivamente na forma de patentes, torna-se fundamental incluir literatura patentária no escopo desse tipo de estudo (BRASIL, 2018). A busca de patentes foi realizada na base do *software* Questel Orbit®, enquanto a busca de artigos científicos foi feita no portal Periódicos da CAPES.

O Quadro 1 apresenta a estratégia de busca empregada na forma de três conjuntos de expressões, cada uma contendo termos associados por meio dos operadores lógicos AND e OR. O operador “*” presente em algumas das expressões é utilizado para incluir variações de uma mesma palavra, por exemplo *control*, *controlling*, *controlled*. As palavras-chave estão em inglês, pois esse é o idioma padrão da busca no Orbit, possibilitando encontrar documentos escritos em diversos idiomas, mesmo aqueles cujo sistema de escrita não utiliza o alfabeto latino, a exemplo do Mandarim.

Quadro 1 – Estratégia de busca empregada na prospecção de artigos e patentes

| EXPRESSÕES | #1 | #2 | #3 |
|--|----|----|----|
| <i>gypsum</i> OR <i>plaster</i> | X | X | X |
| <i>quality</i> AND (<i>control</i> * OR <i>manage</i> * OR <i>information</i> OR <i>monitor</i> * OR <i>measur</i> * OR <i>assurance</i>) | | X | X |
| <i>system</i> OR <i>computer</i> * OR <i>software</i> | | | X |

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2021)

As patentes foram agrupadas por famílias, que, de acordo com o Espacenet (2021), correspondem a um conjunto de documentos que dizem respeito a um mesmo conceito-inventivo. É comum que isso se justifique pela territorialidade das patentes, ou seja, para obter proteção para um invento em diferentes países, são realizados diversos depósitos que serão analisados independentemente pelos respectivos órgãos de propriedade.

A análise dos resultados para as patentes foi feita por meio das ferramentas analíticas do Orbit. A fim de minimizar a presença de documentos de patente fora do escopo pretendido, optou-se por restringir a busca das expressões apenas aos campos do título, resumo e reivindicações, bem como remover as famílias cujos domínios tecnológicos não correspondessem àqueles de interesse neste trabalho. No portal de Periódicos CAPES, a opção “tipo de material” na busca avançada foi selecionada como “artigos”.

Em seguida, aplicou-se uma triagem manual, com leitura do título e/ou resumo dos documentos para remoção daqueles que inequivocamente não tratavam do tema de interesse. Para os artigos, também foi realizada análise manual após a filtragem aplicada pela busca das expressões do Quadro 1 no título e no resumo.

Para as patentes, observou-se ainda a Classificação Cooperativa de Patentes (CPC), que corresponde a uma forma de categorizar patentes em relação ao campo tecnológico ao qual pertencem. Uma vez que milhões de patentes são depositadas anualmente, o CPC facilita a busca de informações nesse tipo de documento ao agrupá-las nas suas cerca de 200 mil classes (INPI, 2015).

Considerando que, no Brasil, a propriedade intelectual referente a *softwares* é protegida nos termos da Lei n. 9.609/98, em relação ao caráter literário de seu código-fonte, e é passível de registro junto ao do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), realizou-se uma busca na base de dados de registros de programa de computador desse órgão (BRASIL, 1998). Por se tratar de uma plataforma nacional, foram utilizados os mesmos termos para a busca, no entanto, que na língua portuguesa.

Para contemplar eventuais tecnologias que pudessem não estar descritas nos elementos apresentados anteriormente, mas presentes em portfólios de empresas ligadas a setores da indústria e mineração, foi feita uma busca exploratória na internet por meio do buscador Google, combinando palavras-chave como “gypsum”, “software” e “industrial automation”.

3 Resultados e Discussão

A busca a partir da estratégia 1, com a expressão “gypsum OR plaster”, permitiu obter um panorama geral atualizado acerca das publicações sobre gesso. A expressiva quantidade de publicações encontradas (Tabela 1) evidencia que o material, apesar de ser um dos mais antigos em uso pela humanidade, continua despertando bastante interesse em pesquisas científicas e tecnológicas. De fato, cerca de metade dos artigos encontrados foram publicados na última década e, desde 2010, o número de depósitos anuais de patentes vêm apresentando um crescimento vigoroso, quase triplicando entre esse ano e 2018 (de 3.663 em 2010 para 10.863 depósitos em 2018). Atualmente, cerca de 34% das famílias de patentes identificadas estão ativas, ou seja, estão concedidas ou em análise.

Ao investigar os domínios tecnológicos das famílias de patentes, verifica-se que, além das já esperadas aplicações em construção civil, o gesso vem sendo empregado em uma gama de contextos muito variados e relevantes, que vão desde a indústria alimentícia até a produção de semicondutores.

Tabela 1 – Quantidade de documentos encontrados (em ago./2021) para cada conjunto de palavras-chave

| PALAVRAS-CHAVE | #1 | #2 | #3 |
|---|---------|--------|--------|
| Artigos | 109.770 | 32.269 | 13.413 |
| Famílias de patentes | 172.412 | 4.588 | 1.187 |
| Registro de programa de computador (INPI) | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2021)

Não foram localizados registros de programa de computador na base do INPI. Buscou-se, em caráter exploratório, a palavra “qualidade” isoladamente, o que resultou em 74 registros cujos títulos denotam aplicações de controle de qualidade nas mais diversas áreas, desde tratamento de água até os procedimentos médicos, mas nenhum relacionado à mineração ou à produção de gesso.

A estratégia 2 resultou em uma quantidade de documentos bastante reduzida em relação ao contexto geral anterior, bem como trouxe uma inversão na relação artigos/patentes, com a quantidade de artigos passando a ser bastante superior. Esse é um aspecto interessante, pois essa relação pode ser vista como um indicador acerca da maturidade de uma tecnologia ou ramo tecnológico. Enquanto os artigos normalmente são usados para divulgação científica, as patentes têm uma visão mercadológica e estão voltadas para a inovação, sendo um dos critérios para sua concessão a possibilidade de aplicação industrial do que está sendo descrito (PROFNIT, 2020). Logo, uma análise quantitativa desses resultados aponta para a busca por soluções voltadas para o monitoramento e a análise da qualidade como uma porção mais recente (menos madura) dos estudos relacionados ao gesso.

Em vista de filtrar os resultados em torno daqueles com algum grau de uso de tecnologias de informação, foi adicionada a expressão “*software OR computer** OR system” na estratégia 3. Isso fez crescer ainda mais a proporção de artigos em relação às patentes, o que pode indicar que essa é uma das fronteiras no desenvolvimento tecnológico da atividade gesseira.

Para facilitar uma análise manual, optou-se por limitar os resultados da estratégia 3. Para as patentes, buscou-se entre os domínios tecnológicos identificados pelo Orbit restringir àqueles com alguma relação ao objetivo do trabalho, sendo estes: “*computer technology*”, “*control*”, “*measurement*” e “*it methods for measurement*”. Em relação aos artigos, optou-se por restringir àqueles que contém alguma referência ao gesso (*gypsum* ou *plaster*) no título e na análise e/ou monitoramento de qualidade (*quality AND (control* OR manage* OR information OR monitor* OR measur* OR assurance) AND (system OR computer* OR software)*) em seus textos completos.

A Tabela 2 contém a quantidade de publicações após esse processo, cujo agrupamento de resultados foi chamado de “estratégia 4”. Em seguida, foi realizada uma seleção manual por meio da leitura dos títulos dos documentos. Caso o título não fosse descritivo o suficiente ou restasse alguma dúvida acerca da natureza do assunto abordado, o resumo era consultado. Entre os documentos filtrados manualmente, muitos tratavam do controle de qualidade para

aplicação do gesso em revestimento e/ou elementos ornamentais. Entendeu-se que, nesse caso, o objeto dos inventos encontra-se fora do escopo da produção do gesso, estando no campo da engenharia civil/arquitetura. A “estratégia 5” representa os documentos que foram selecionados para uma análise final detalhada.

Tabela 2 – Quantidade de documentos filtrados (ago./2021) após refinamentos dos critérios de busca

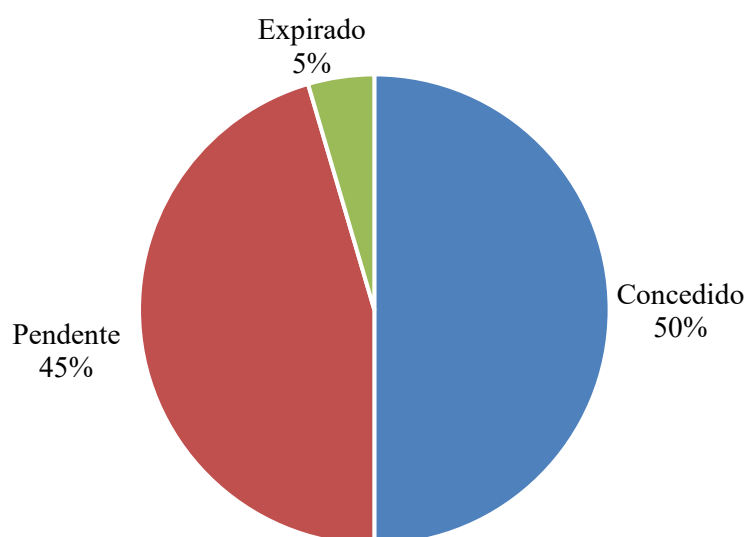
| PALAVRAS-CHAVE | #4 | #5 (APÓS TRIAGEM MANUAL POR TÍTULO/RESUMO) |
|----------------------|-----|---|
| Artigos | 418 | 8 |
| Famílias de patentes | 182 | 22 |

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2021)

Observou-se a presença recorrente de patentes relacionadas à produção de cimento, isso pode ser explicado pelo fato de o gesso participar como aditivo na composição de alguns tipos desse aglomerante. Embora esses documentos tenham sido removidos pela aplicação da estratégia 5, por também fugirem do escopo da cadeia produtiva do gesso, alguns chamaram a atenção por descreverem sistemas para amostragem, aquisição e processamento via *software* de mensuráveis sobre a qualidade do cimento na sua linha de produção (CN110002775A – *Integrated intelligent quality control system for cement production quality control*; CN1092884 – *Computer management method and system for laboratory in cement works*).

Das famílias de patentes encontradas na estratégia 5 (Gráfico 1), verifica-se que a maior parte se encontra ativa, sendo 11 concedidas e 10 em análise. Em relação ao ano da primeira prioridade (Gráfico 2), ou seja, o ano em que o primeiro documento de uma família de patentes foi depositado, em sua maioria, foram publicados nos últimos cinco anos. Cabe a observação, acerca das patentes, para o período de sigilo, um intervalo de até 18 meses entre a data do depósito do pedido e sua efetiva publicação. Isso abre a possibilidade de haver patentes já depositadas, mas que por ainda não terem sido publicadas não foram contabilizadas neste estudo.

Gráfico 1 – Distribuição por *status* das famílias de patentes (1994-2020) selecionadas na estratégia 5



Fonte: Adaptado do Questel Orbit® (2021)

Para Rêgo, Souza e Juiz (2018), o momento atual aponta para uma mudança de paradigma de gestão nas organizações, pois o avanço da incorporação de soluções na área de Internet da Coisas (*Internet of Things – IoT*) e computação em nuvem acarretará na maior produção de dados e informações, que precisarão contar com o amadurecimento do uso de ferramentas de análise estratégica para que isso se converta em aumento de competitividade e geração de valor.

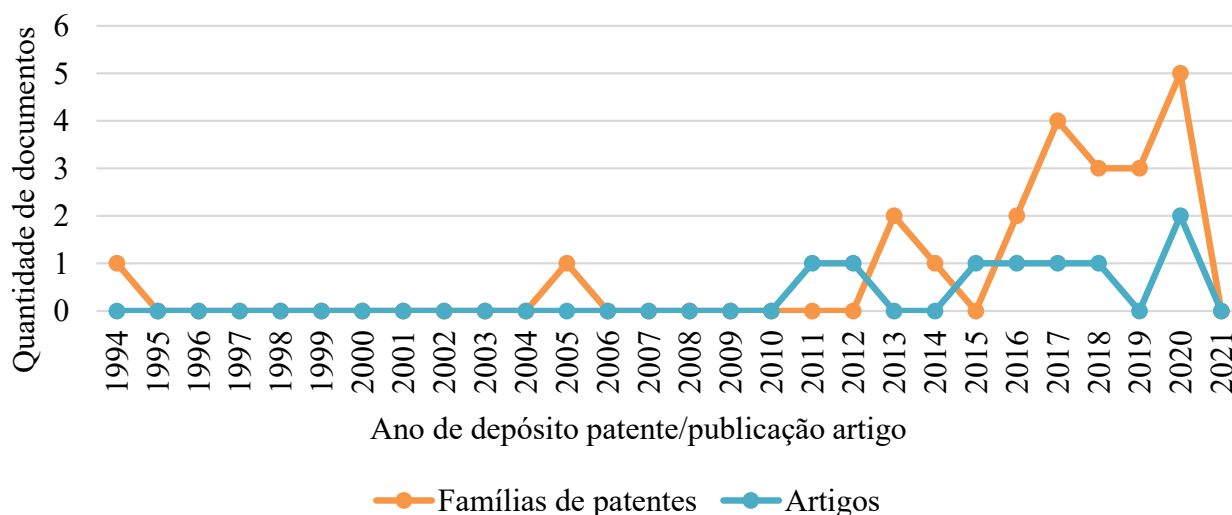
As restrições acarretadas pela pandemia de Covid-19, a partir de 2020, vêm sendo responsáveis por um processo de transformação digital em velocidade sem precedentes, no qual muitas dos cenários de informatização previstos para a próxima década precisaram ser postos em prática de forma quase imediata, sob pena de muitas companhias e mesmo áreas inteiras da economia não resistirem aos desafios impostos pela nova conjuntura do mercado.

Na mineração, as grandes empresas de automação indicam que o setor deverá seguir a mesma tendência, segundo Siemens (2017, p. 7, tradução nossa):

O planejamento estratégico e em tempo real serão alinhados, às operações de mineração serão comandadas remotamente por indicadores chave disponibilizados em tempo real e sistemas de apoio à decisão. Além disso, previsões e controle de qualidade serão baseados em dados de tempo real, permitindo reações rápidas a volatilidades do mercado.

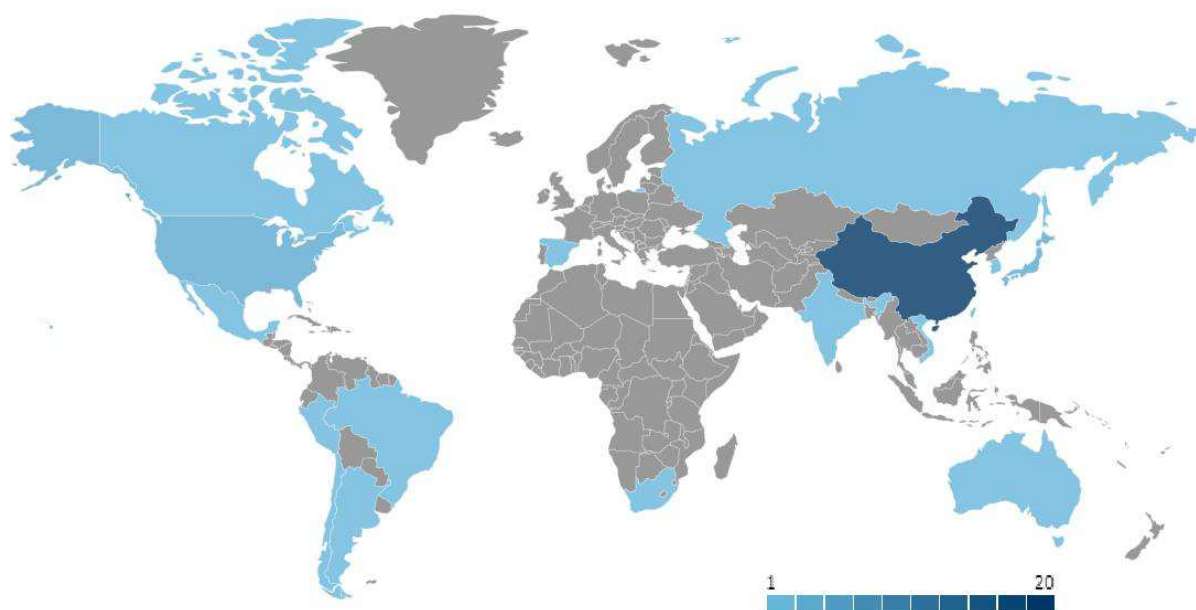
Com base nesse cenário, é razoável acreditar que a quantidade de novos depósitos de patentes de tecnologias associadas ao contexto explorado neste trabalho venha a crescer nos próximos anos.

Gráfico 2 – Quantidade de famílias de patentes e artigos publicados e depositados, respectivamente, por ano



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2021)

Na dimensão territorial (Figura 1), apesar de, à primeira vista, parecer haver uma quantidade razoável de países, incluindo o Brasil, com patentes protocoladas, isso se deve a apenas duas das famílias que dispõem de documentos depositados em diversos territórios. Considerando apenas o local do primeiro depósito (país de prioridade), os resultados se concentram em apenas três países: China (18), Estados Unidos da América (3) e Japão (1).

Figura 1 – Distribuição territorial das patentes (1994-2020) publicadas por país

Fonte: Adaptada do Questel Orbit® (2021)

A China ocupa o posto de terceiro maior produtor de gesso do mundo (atrás dos EUA e do Irã) e adota o material como padrão para construção de paredes divisórias (não estruturais) e forros. Acrescenta-se a isso, uma vigorosa ascensão econômica que, nas últimas décadas, transformou o país em um dos maiores canteiros de obra do mundo e torna-se compreensível que o país busque um papel de destaque nas inovações do setor (OCHIENG; MOORE; PRICE, 2013; ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2017).

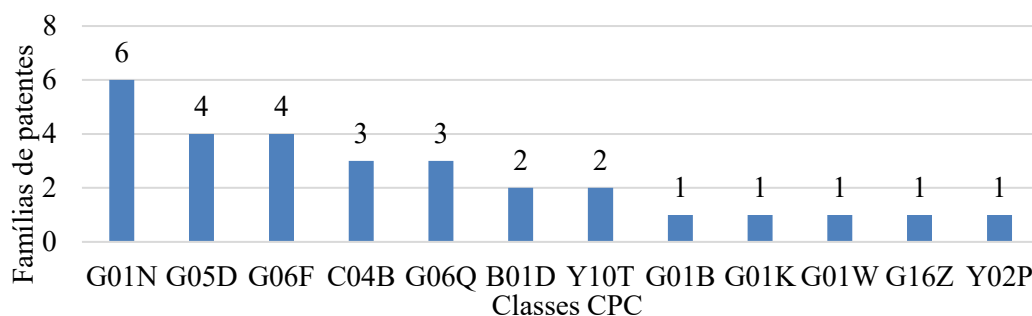
Ainda assim, é notável a dominância tecnológica que o país tem estabelecido no ramo (cerca de 80% das patentes analisadas foram depositadas primeiramente na China), bem como uma aparente falta de interesse em explorá-la fora de seu mercado doméstico, tendo em vista que apenas uma das famílias de patentes, cuja primeira prioridade é chinesa, possui depósitos fora daquele país.

As classes CPCs mais frequentes nos documentos selecionados na estratégia 5 (Gráfico 3) foram a G01, G05 e G06, que reúnem patentes relacionadas à “Medição; ao Teste”, ao “Controle; à Regulagem” e ao “Cômputo; Cálculo ou Contagem”, respectivamente (INPI, 2021). As classes CPCs podem ser divididas em subclasses, o que permite especificar ainda mais o domínio tecnológico. A subclasse G06Q chama especial atenção para este trabalho, pois é referente a:

Sistemas ou métodos de processamento de dados, especialmente adaptados para propósitos administrativos, comerciais, financeiros, de gerenciamento, supervisão ou predição; Sistemas ou métodos especialmente adaptados para propósitos administrativos, comerciais, financeiros, de gerenciamento, supervisão ou predição, não incluídos em outro local. (INPI, 2021)

As patentes pertencentes a essa subclasse são: *Desulfurization system health condition evaluation method based on online data* (CN112288298); *Online-based desulfurization subsystem evaluation device and application method thereof* (CN112288295); *Wet desulphurization system and gypsum quality control method* (CN111967762), todas depositadas na China.

Gráfico 3 – Quantidade de famílias de patentes (1994-2020) por classificação CPC



Fonte: Adaptado do Questel Orbit® (2021)

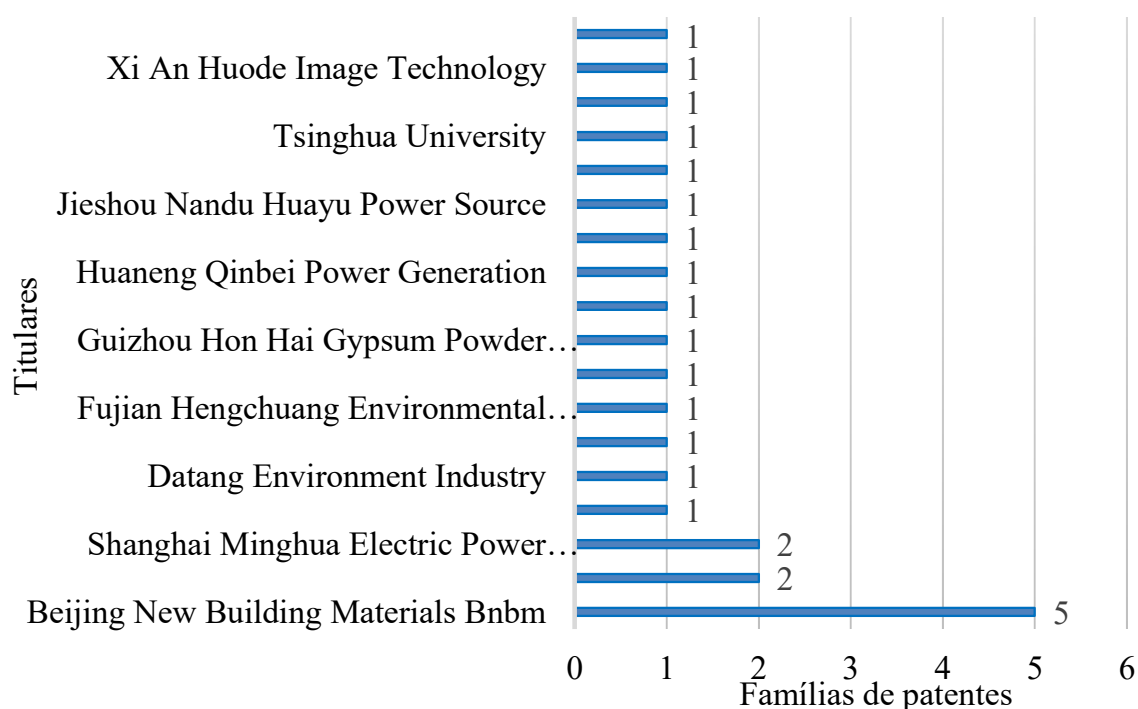
No título desses documentos, é notável a recorrente referência ao processo químico de dessulfurização (“*desulphurization*”), isso pode ser explicado pelo fato de que o gesso também pode ser obtido de maneira sintética, como subproduto desse processo. A dessulfurização é muito empregada no tratamento de gases em usinas termelétricas a carvão (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2017).

Dado que a queima de carvão é o principal componente da matriz energética chinesa, acredita-se que a maior parte do gesso produzido naquele país é obtida sinteticamente, o que pode justificar o amplo interesse em sistemas de controle de qualidade voltados para esse modelo de produção (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2017; INEEP, 2020). Segundo Xiaofeng *et al.* (2020, p. 3, tradução nossa):

[...] a qualidade do gesso dessulfurado é baixa devido à falta de controle das condições operacionais, a quantidade de impurezas excede o padrão e o gesso dessulfurado gerado por uma usina de energia dificilmente atende aos requisitos de qualidade de vários campos de matérias-primas de gesso. Uma grande quantidade de gesso dessulfurado só pode ser tratada como resíduo sólido, o que causa grande desperdício de recursos.

De fato, vários dos titulares das patentes (Gráfico 4) são empresas chinesas do setor elétrico. A empresa Beijing New Building Materials BNBM apresenta-se com o maior número de titularidades e cotitularidades, com cinco depósitos, sendo interessante destacar que essa empresa é subsidiária da China National Building Material Group Corporation Ltd., uma grande estatal chinesa que controla diversas outras companhias.

Esse grupo empresarial possui um vasto portfólio de propriedade intelectual no setor de materiais de construção civil, mas esse grupo é quase que totalmente restrito ao mercado chinês. Talvez isso se explique pela natureza pública dessas corporações ou por particularidades da estratégia política/econômica daquele país, mas faz surgir dúvidas acerca da viabilidade de que outras empresas possam ter acesso a esses produtos por meio de contratos de transferência de tecnologia.

Gráfico 4 – Quantidade de famílias de patentes (1994-2020) por cada titular

Fonte: Adaptado a partir do Questel Orbit (2021)

Apesar de alguns produtos contidos nas patentes pesquisadas apontarem para a aquisição e manipulação de dados de qualidade com uso de mecanismos informatizados, em sua maioria, eles estão focados em grandezas específicas dentro do processo de produção de gesso sintético. Pouco ou nada é descrito sobre como se dá a integração disso com os aspectos gerenciais e estratégicos da produção, limitando-se quase sempre ao campo puramente operacional.

Entre os resultados obtidos por meio do buscador Google, destacam-se a empresa turca Enoks² e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). A primeira oferece soluções do tipo Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) direcionadas para as indústrias de mineração de gipsita e produção de gesso. Trata-se de uma solução sofisticada que exige mão de obra especializada para implantação e provável substituição de maquinário na planta industrial para modelos mais modernos compatíveis. A página da empresa não apresenta os custos de aquisição e de instalação do sistema, nem a disponibilidade de venda no Brasil ou a possibilidade de localização de seus produtos, com tradução para português, por exemplo.

O Senai Pernambuco, em conjunto com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) de Pernambuco, lançou, em 2021, o programa Minha Indústria Avançada (MinA). O MinA apresenta-se como uma plataforma de monitoramento para linhas de produção de caráter genérico. É composto de sensores diversos, distribuídos junto ao maquinário já existente e acoplados a estações coletoras, que, por sua vez, são responsáveis por encaminhar os dados gerados a um *software* via internet. Uma vantagem desse produto é o seu custo de aquisição subsidiado para pequenas indústrias. Os dados são tratados e tornados acessíveis em tempo real por meio de desktops, smartphones ou tablets (SENAI, 2021).

Apesar de prover algum grau de automatização na coleta de dados, o MinA demanda a interação dos operários, inclusive para inserção manual de parâmetros (procedimento realizado por meio de tablets). Nesse aspecto, a baixa escolaridade da mão de obra empregada no Polo,

pois muitos dos trabalhadores nas indústrias gesseiras não são alfabetizados, e a interface de usuário, não pensada para esse perfil de utilização, podem gerar resistência à sua adoção e/ou redução da eficiência esperada. Ainda não está clara a extensão da aplicabilidade do MinA às indústrias do Polo Gesseiro. Em uma visita técnica a uma empresa da região, interessada na aquisição da plataforma, verificou-se que está em andamento, por parte dos consultores do Senai, uma análise da viabilidade para implementação do sistema junto ao maquinário da indústria gesseira.

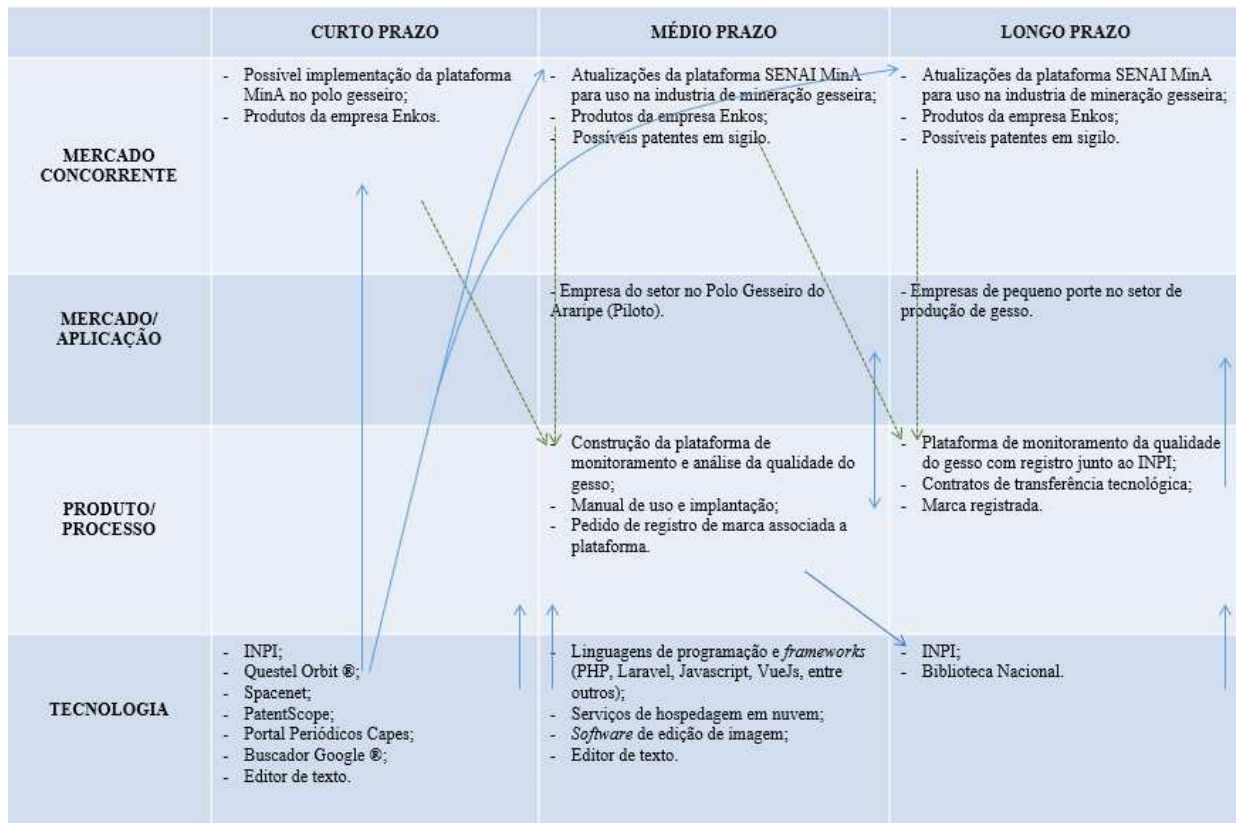
A partir do levantamento, verifica-se a viabilidade do desenvolvimento de uma plataforma para monitoramento e análise da qualidade do gesso, a qual, nessa etapa pós-prospectiva, pode ser desenvolvida com visão mais ampla das tecnologias necessárias, mercado consumidor e concorrência, ao longo do processo, por meio do *Roadmap* Tecnológico (Figura 2). Tal artefato almeja uma solução aplicável a empresas de menor porte, com capacidade de investimento limitada em aquisições e contratação de mão de obra especializada, o modelo mais comum de empresa no Polo Gesseiro.

Nesse tipo de empresa, a exemplo de empresa visitada durante o estudo, muitos dos procedimentos de controle de qualidade são apenas parcialmente registrados em papel. Nesses casos, mesmo uma solução de caráter frugal, desde que personalizada e com reduzida curva de aprendizado, tem a possibilidade de trazer ganhos consideráveis em termos de eficiência, bem como preparar essas empresas para futuros projetos de automação mais abrangentes.

O processo de desenvolvimento deve ser balizado por uma análise periódica do mercado, a fim de abranger recursos que tornem o produto mais alinhado à evolução das necessidades dos empresários do Polo Gesseiro e mais atrativo em relação a soluções que, com algum grau de adaptação, possam servir a propósitos semelhantes. Para essa finalidade, são elencadas ferramentas pagas e gratuitas que devem ser utilizadas ao longo de todo o processo. Nesse estágio inicial da pesquisa, não foram localizadas patentes concedidas ou em análise, cujas tecnologias possam competir diretamente com aquela aqui proposta, visto que as tecnologias protegidas por patentes, identificadas neste estudo, atendem a demandas específicas do processo de produção do gesso sintético, o qual não é empregado no Polo Gesseiro. Entretanto, devido à possibilidade de haver patentes relacionadas a tecnologias similares àquela proposta neste estudo, estas foram acrescentadas ao *Roadmap* (1ª linha, nas 2ª e 3ª colunas – Figura 2), para que sejam realizadas novas pesquisas em bases de patentes a médio e longo prazos.

No horizonte de médio prazo, a plataforma deverá ser implantada em uma empresa na forma de um programa-piloto. Com isso, será possível validar o produto em ambiente operacional, de modo que a tecnologia alcance o nível 6 ou 7 de maturidade na escala *Technology Readiness Level* (TRL) (GIL; ANDRADE; COSTA, 2014), bem como produzir um manual de operação e implementação com base em resultados reais, já considerando as eventuais dificuldades no Polo Gesseiro. Outro produto gerado nessa etapa é a confecção e pedido de registro da marca da plataforma junto ao INPI (3ª linha e 3ª coluna – Figura 2). Cabe recordar que o Polo é formado por aproximadamente 800 empresas, atendendo a mais de 90% da produção gesseira no Brasil, de modo que o mercado para essa tecnologia é bastante amplo.

Figura 2 – Roadmap Tecnológico aplicado ao desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento e análise da qualidade do gesso



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2021)

No longo prazo, a plataforma estará à disposição do mercado e, na medida em que disponha de uma quantidade expressiva de dados processados, poderá ser considerada a adição de funcionalidades mais avançadas em termos de ciência de dados. Por exemplo, a incorporação de modelos preditivos viabilizaria que o sistema oferecesse alertas antecipados acerca de eventos relevantes para a qualidade do gesso produzido, reduzindo desperdícios e habilitando linhas de produtos mais sofisticados.

Destaca-se que o Polo Gesseiro, na figura do Sindicato das Indústrias de Gesso do Estado de Pernambuco (SINDUSGESSO), tem se mostrado bastante aberto e interessado em firmar parcerias para o desenvolvimento de novas tecnologias para o setor. Um dos mais recentes indicadores disso é a aprovação, em abril de 2021, da criação do Centro de Estudos Tecnológicos Avançados sobre Gesso (CETAG), que consiste em um lócus de inovação compreendendo a participação do Polo Gesseiro e da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) (FACEPE, 2021).

4 Considerações Finais

A partir da análise dos resultados, observa-se que o número de patentes e artigos envolvendo o controle de qualidade na produção do gesso é pequeno, principalmente quando estas são relacionadas ao uso de sistemas informatizados para essa finalidade, o que, juntamente à ausência de registros de programa de computador, evidencia que esse é um campo ainda pouco explorado para essa indústria.

No campo do desenvolvimento tecnológico na área, a China desponta como um grande centro gerador de tecnologias para controle de qualidade do gesso, à frente de países desenvolvidos e com grandes cadeias produtivas desse material, a exemplo dos Estados Unidos da América. De fato, a maior parte da disponibilidade tecnológica encontrada é voltada para a produção de gesso de forma sintética, bastante comum no país asiático. Um aspecto negativo dessa concentração é que os titulares dessas patentes naquele país parecem ter pouco interesse de explorar suas tecnologias em outros mercados, uma vez que não protegeram suas invenções em outros países.

Entre as soluções localizadas no mercado, ainda existem algumas dúvidas acerca da sua viabilidade para o Polo Gesseiro de Araripina, em termos de disponibilidade de aquisição, custos e/ou aplicabilidade. Por outro lado, tal Polo é carente de tecnologias de informação projetadas para atender às suas necessidades, de modo que um sistema de monitoramento e de análise da qualidade poderia contribuir para a produção de gesso e seus derivados com maior qualidade e eficiência. Ademais, considerando que a atividade gesseira é a base econômica da região onde o Polo se insere, a busca por novas formas de aumentar a sustentabilidade da atividade apresenta grande importância econômica e social.

5 Perspectivas Futuras

A partir do panorama explorado neste trabalho, futuras pesquisas podem ser conduzidas com a finalidade de elucidar e de discutir os requisitos relativos à compra e/ou ao desenvolvimento de soluções para o monitoramento e análise de qualidade para o Polo Gesseiro do Araripe, bem como a relação custo x benefício na sua implementação. Pode-se avaliar, também, como a disponibilidade desse tipo de infraestrutura habilitará o uso de modelos de inteligência de negócios para apoio nas tomadas de decisão nessas indústrias e como isso poderia converter-se em um importante diferencial competitivo para essas empresas.

Em termos mais amplos, é importante investigar como esse tipo de ferramenta pode ser utilizada para acelerar a introdução de elementos da chamada “Indústria 4.0” no Polo Gesseiro e quais outras iniciativas precisam estar presentes para ampliar sua efetividade, a exemplo de políticas públicas de qualificação da mão de obra local e mecanismos de financiamento.

Referências

ARRUDA, R. S.; SILVA FILHO, G. E. Análise dos determinantes da competitividade: o caso do polo gesseiro de Araripina no estado de Pernambuco. *In: ENCONTRO PERNAMBUCANO DE ECONOMIA (ENPECON)*, 7, 2018, Recife. **Anais** [...]. Recife: Conselho Pernambucano de Economia, 2018. Disponível em: <https://coreconpe.gov.br/enpecon/viiienpecon/artigos/sessao3>. Acesso em: 12 ago. 2021.

BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, G. A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso obtido do polo do Araripe. **Cerâmica**, [on-line], v. 60, n. 356, p. 501-508, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0366-69132014000400007>. Acesso em: 8 ago. 2021.

BARROS, M. A. B.; NUNES NETO, A. P.; VERGOLINO, J. R. Fatores competitivos da cadeia produtiva do gesso: o caso do Pólo do Araripe em Pernambuco. *In: ENEGEP*, 26., 2006, Fortaleza.

Anais [...]. Fortaleza: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2006. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_TR530358_6892.pdf. Acesso em: 8 ago. 2021.

BRASIL. Lei n. 9.609, de 19 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre a proteção da propriedade intelectual de programa de computador, sua comercialização no País, e dá outras providências.

Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 fev. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19609.htm. Acesso em: 29 ago. 2021.

BRASIL. **Patentes**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2018. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/detalhe/Notas_Metodologicas/Patentes.html. Acesso em: 14 ago. 2021.

BRASIL. **Anuário não Metálicos 2020**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anuario-nao-metalicos-2020-versao-nova-05-01-2021.pdf/view>. Acesso em: 15 ago. 2021.

CARUSO, L. A. C.; TIGRE, P. B. (org.). **Modelo Senai de prospecção**: documento metodológico. Montevideo: OIT/CINTERFOR, 2004. Disponível em https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/papeles_14.pdf. Acesso em: 13 ago. 2021.

ESPAENET. **Família de patentes**. 2021. Disponível em: https://lp.espacenet.com/help?locale=pt_LP&method=handleHelpTopic&topic=patentfamily. Acesso em: 15 ago. 2021.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Departamento do Interior, Pesquisa Geológica. **Mineral commodity summaries 2020**. Reston – Virgínia: Pesquisa Geológica dos Estados Unidos, 2020. 200p. Disponível em <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, Departamento do Interior, Pesquisa Geológica. **2017 Minerals Year Book: gypsum** [advance release]. Reston – Virgínia, 2017. 12p. Disponível em: <https://prd-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/myb1-2017-gypsu.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2021.

FACEPE – FUNDAÇÃO DE AMPARO À CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Edital FACEPE 18/2020**: resultado. 2021. Disponível em: <http://www.facepe.br/wp-content/uploads/2021/04/Edital-FACEPE-18-2020-Locus-de-inova%C3%A7%C3%A3o-Resultado.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

FERREIRA, F. C. **Estudo de caracterização do gesso para revestimento produzido no polo gesseiro do Araripe**. 2017. 200f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife, Recife, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/26315>. Acesso em: 12 ago. 2021.

GIL, L.; ANDRADE, M. Hermínia; COSTA, M. Céu. Os TRL (Technology Readiness Levels) como ferramenta na avaliação tecnológica. **Ingenium**, Lisboa, v. 2, n. 139, p. 94-96, jan.-fev., 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.9/2771>. Acesso em: 24 ago. 2021

INEEP – INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **China usa o gás para limpar a matriz energética e fazer política de boa vizinhança**. 2020. Elaborado por Rodrigo Leão. Disponível em: <https://ineep.org.br/china-usa-o-gas-para-limpar-a-matriz-energetica-e-fazer-politica-de-boa-vizinhanca>. Acesso em: 21 ago. 2021.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Certifiq** –

Sistema de Gerenciamento de Certificados. 2021. Disponível em: <https://certifiq.inmetro.gov.br>. Acesso em: 18 abr. 2021.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Classificação de patentes.** 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/classificacao-de-patentes>. Acesso em: 12 ago. 2021.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Publicação IPC.** 2021. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub>. Acesso em: 20 ago. 2021.

LIMA, C. E. S.; SANTOS FILHO, J. I.; MISAS, C. M. E. Panorama geral da ocorrência e produção de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE E III CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO (CONIMAS), 2019, Campina Grande/PB. **Anais [...]**. Campina Grande/PB: Realize, 2019. Disponível em https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conimas-e-conidis/2019/TRABALHO_EV133_MD1_SA52_ID487_07112019211557.pdf. Acesso em: 8 ago. 2021.

OCHIENG, E.; MOORE, D.; PRICE, A. **Management of Global Construction Projects.** Londres: Palgrave Macmillan, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275769479_Management_of_Global_Construction_Projects. Acesso em: 19 ago. 2021

PHAAL, R.; FARRUKH, C. J. P.; PROBERT, D. R. Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting and Social Change**, [s.l.], v. 71, n. 1-2, p. 5-26, jan., 2004. Elsevier BV. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0040-1625\(03\)00072-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0040-1625(03)00072-6). Acesso em: 13 ago. 2021.

PROFNIT – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO. **Prospecção tecnológica: maturidade tecnológica.** Maceió, 2020. 57 slides, color.

RÊGO, S. A. T. G.; SOUZA, L. M. de; JUIZ, P. J. L. Análise exploratória de patentes relacionadas a softwares de gestão estratégica. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 5, p. 1.765-1.774, 10 dez. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v12i5.27622>. Acesso em: 7 ago. 2021.

SANTOS, P. V. S.; SANTOS, L. P. G. Avaliação da eficiência geral de equipamento como suporte para gestão da qualidade. **ForScience**, Formiga, v. 9, n. 1, e00914, jan.-jun. 2021. DOI: 10.29069/forscience.2021v9n1.e914. Disponível em <http://www.forscience.ifmg.edu.br/forscience/index.php/forscience/article/view/914/334>. Acesso em: 10 set. 2021.

SENAI – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Programa MInA:** SENAI e SEBRAE irão digitalizar indústrias. 2021. Disponível em: <https://www.pe.senai.br/noticias/mina-programa-do-senai-e-do-sebrae-ira-digitalizar-industrias>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SIEMENS. **The Magazine for the mining and cement industries.** Munique: Siemens, 2017. p. 7. Disponível em: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:2a8fe0f64bf7789bd4565dfd521706bedaf40bff/magazine-for-the-mining-and-cement-industries2017-01.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021

SOUZA, J. D. *et al.* Qualidade do gesso comercializado na região metropolitana de campinas. In: I WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS (TECSIC), 2017, Campinas/SP, **Anais [...]**. Disponível em https://www.researchgate.net/profile/Gladis-Camarini/publication/319964583_QUALIDADE_DO_GESSO_COMERCIALIZADO_NA_REGIAO_METROPOLITANA_DE_CAMPINAS. Acesso em: 11 ago. 2021.

XIAOFENG, L. *et al.* **Wet desulphurization system and gypsum quality control method.** Titular: Tsinghua University, Datang Environment Industry. CN n. CN111967762 A. Depósito: 17 ago. 2020. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN312385705&tab=PCTDESCRIPTION>. Acesso em: 23 ago. 2021.

Sobre os Autores

Daniel Lucas Nunes de Alencar Alves

E-mail: dalucasdna@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4149-8362>

Graduado em Engenharia da Computação.

Endereço profissional: Rua José Saraiva Correia, n. 100, Araripina, PE. CEP: 56280-000.

Vivianni Marques Leite dos Santos

E-mail: vivianni.santos@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8741-8888>

Doutora em Química.

Endereço profissional: Universidade Federal do Vale do São Francisco, Laboratório de Processos Químicos e Inovação (LPQI), Avenida Antonio Carlos Magalhães, n. 510, Santo Antônio, Juazeiro, BA. CEP: 48902-300.