



SHIFT2

F U T U R E

ROADMAP PARA A

TRANSIÇÃO DIGITAL DO SETOR DOS RECURSOS MINERAIS

CONTEÚDOS

1. O Setor dos Recursos Minerais.....	2
2. Extração e Transformação	5
3. Grau de Maturidade Digital	7
4. Roadmap para o setor dos recursos minerais	10
4.1. Diagnóstico	13
4.2. Visão da Estratégia de Digitalização	14
4.3. Plano de Ação e Equipa	16
4.4. Execução	18
4.5. Avaliação.....	19
5. Conclusões	21
6. Referências	23

SHIFT 2

1. O SETOR DOS RECURSOS MINERAIS

O setor dos recursos minerais desempenha um papel importante no tecido empresarial português. Trata-se de um setor que prima pela preservação do conhecimento intergeracional, o que permitiu às indústrias de extração e de transformação de bens minerais dotarem-se de uma capacidade distintiva no que diz respeito à resposta de desafios exigentes em termos da sua aplicação nas áreas da construção civil, da arquitetura e do design, da cerâmica e do vidro, para enumerar alguns.

O setor agrega os seguintes quatro subsectores de produtos e serviços (ANIET, 2016; ASSIMAGRA, 2021):



Rochas Ornamentais

As empresas dedicam-se à extração e/ou transformação de rochas calcárias, de granitos e outras rochas siliciosas e xistos. Os blocos extraídos das pedreiras são convertidos pelas empresas transformadoras em artigos destinados a pavimentos, revestimentos, habitações, esculturas, guias de passeio, entre outros. Na última década, tem existido um crescimento gradual da quantidade de rochas ornamentais extraída, representado um aumento total de 26,9% em 2019.



Minerais Industriais

A argila e caulino, areias naturais, sal-gema, quartzo e feldspato têm como destino as indústrias vidreira, cerâmica e química. Sendo o setor com menor expressão no contexto português, ao representar 6,7% dos ganhos registados em 2019, tem-se identificado um aumento gradual na quantidade explorada desde 2013 (11,2%).



Rochas Industriais

As empresas dedicam-se à extração e/ou transformação de calcário e granito para os setores da construção, químico e sidero-metalúrgico. A quantidade extraída teve um aumento de 17,3% nos últimos 5 anos anteriores a 2019.



Minerais Metálicos

Cobre, zinco, volfrâmio e ferro fazem parte dos elementos metálicos que se pretendem obter para as indústrias metalúrgica, siderúrgica, das próteses, entre outras. A extração de minerais metálicos em minas e nas pedreiras portuguesas representa a maior subida total na última década até 2019, ao atingir o valor de 88,6%.

O setor integra 16.150 empregos diretos repartidos por 2.756 empresas. Entre 2012 e 2014, este perdeu cerca de 7% das empresas em atividade, quer na extração, quer na transformação, como consequência da crise económica de 2011 (ANIET, 2016).

Em 2014, as atividades mais representativas na indústria extrativa foram a extração de granito ornamental e rochas similares e a extração de saibro, areia e pedra britada (cerca de 56,8% das empresas). Na indústria transformadora, a atividade de maior expressão do setor foi o fabrico de produtos de mármore e de rochas similares (cerca de 65,2% das empresas) (ANIET, 2016).

Os subsectores da indústria da pedra natural ou rochas ornamentais são essencialmente constituídos por empresas familiares e PMEs, que têm diferentes níveis de importância ao nível do emprego regional e das exportações, enquanto a indústria da extração de minerais metálicos é constituída predominantemente por Grandes Empresas. A distribuição destas empresas no país não é homogênea.

Enquanto o Centro do país reúne o maior número de empresas (372), especialmente de calcário e cré (33,3% das empresas da região), o Norte reúne o maior número de empresas (567), ao nível da fabricação de artigos de granito e da produção de blocos, chapas e ladrilhos (58,7% das empresas da região) (ANIET, 2016).

Os resultados que testemunham o crescimento do setor na última década são o resultado da aposta na internacionalização. Quando o assunto é exportações, este setor tem conseguido atingir, recentemente, novos marcos históricos perante um crescimento significativo de 23% (Miguel, 2020).

O ano de 2021 ficou registado como o melhor de sempre, quando foram ultrapassados os 435

milhões de euros de um volume de negócios total que ronda os mil milhões de euros.

Relativamente ao período homólogo de 2021, o primeiro semestre de 2022 apresentava já um ritmo de crescimento alto, na ordem dos 16% (Silva, 2022), com cerca de 56% das exportações a terem como destino o mercado europeu (Leiria Global, 2022).

Neste momento, a falta de contentores e de mão de obra qualificada e os crescentes custos energéticos impedem a indústria de concentrar mais esforços ao nível da exportação e, consequentemente, de ser mais competitiva. Importa referir, neste contexto, que a competitividade do setor se deve também aos baixos custos médios com pessoal (ANIET, 2016).

Desde que a pandemia de Covid-19 provocou um abrandamento e o encerramento de portos, as empresas têm sentido dificuldades em ter acesso a contentores para vender blocos, chapas e outros produtos acabados. Esta escassez fez com que o preço dos transportes disparasse (Silva, 2022).

O atual cenário de conflito armado na Ucrânia, que acentuou a procura a exceder largamente a oferta de matérias-primas minerais, complementado com a política monetária expansionista do Banco Central Europeu, é também apontado como um dos principais fatores responsáveis pela escalada dos preços da energia, dos combustíveis e das próprias matérias-primas, bem como pela subida das taxas de juro.

Atualmente, o acesso ao território gera alguma apreensão junto do subsector da pedra natural, pelo facto de a lei das pedreiras estar a ser reestruturada anualmente com sucessivas restrições às atividades de extração (Silva, 2022).

Ao nível da inovação, e segundo os diagnósticos presentes na Plataforma Shift2Future, que representam uma amostra de 396 empresas da

indústria transformadora, verifica-se uma média do nível de maturidade digital de 1,25 numa escala de 1 a 5.

Apesar de não ser possível extrapolar os resultados para o universo que compõe o setor, uma análise detalhada aos diagnósticos realizados para empresas transformadoras de recursos minerais permite identificar um nível médio de maturidade de 1, numa amostra de 12.

Caraterizando-se por um modelo de negócio com um profundo conhecimento técnico dos materiais, as empresas são bastante pequenas e estruturadas de uma forma tradicional. No setor dos recursos minerais, são poucas as empresas com departamentos de Investigação & Desenvolvimento destinados à conceção e criação de novos produtos, pelo que as decisões são usualmente tomadas por outros departamentos que desenvolvem outras atividades.

2. EXTRAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO

Na Figura 1, ilustra-se a cadeia de valor típica do setor dos recursos minerais que se inicia nas minas ou pedreiras, com a extração de materiais naturais, como rochas, areia, cascalho, pedras britadas, entre outras matérias-primas minerais não metálicas e metálicas, que são utilizados na construção civil e na fabricação de materiais transformados para as mais variadas aplicações industriais.

De grosso modo, o processo de extração inicia-se com a remoção da vegetação e da camada superficial do solo, seguido de uma série de trabalhos de lavra, nomeadamente remoção mecânica dos materiais, com ou sem corte e serragem prévios ou recurso a explosivos. Os fragmentos resultantes são seguidamente transportados para uma unidade de processamento ou beneficiação, onde são transformados e reduzidos a um tamanho adequado para as diferentes aplicações a juzante.

Dependendo do tipo de rocha e minério extraídos, pode ser necessário realizarem-se outros processos, como uma nova britagem, peneiração, lavagem, entre outros mais específicos, para atender às características técnicas e de qualidade exigidas pelo mercado.

Uma vez processados, os materiais são transportados para locais de armazenamento ou para o local de uso final, por meio de camiões, comboios ou navios de carga. As operações num empreendimento mineiro ou numa pedreira podem ser intensas em termos energéticos e na utilização de recursos hídricos, pelo que adicionalmente são geradoras de poeiras e ruído

e por esse motivo, é necessário adotar medidas de segurança e de proteção ambiental para minimizar os eventuais impactes negativos na saúde e no meio ambiente.

Os rejeitados mineiros tidos como resíduos da extração podem ser usados como matéria-prima secundária para a produção de outros geomateriais, como é o exemplo particular da lâ de rocha. Para o efeito, excedentes da extração e processamento de rochas de afinidade basáltica, são normalmente fundidos a altas temperaturas de aproximadamente 1500 °C, gerando aquelas fibras finas e flexíveis.

As fibras passam por um processo de ligação térmica que as mantém unidas, usualmente através de resinas como o fenol-formaldeído. Depois de ligadas, as fibras são cortadas em comprimentos apropriados e, em seguida, passam por um processo de cura a alta temperatura, com vista ao aumento da sua resistência e durabilidade

A lâ de rocha, como produto final, é então embalada em rolos, placas ou painéis, que são canalizados para diversas aplicações, como isolamento térmico e acústico de edifícios, fabricação de filtros e sistemas de ventilação, entre outros.

Destaca-se ainda que, durante todo o processo de produção da lâ de rocha, são adotadas medidas de segurança e de proteção ambiental de forma a mitigar impactes ambientais negativos, como o controlo de emissões gasosas e a utilização de

energia proveniente de fontes limpas e renováveis.

É um exemplo de um processo de produção contínua 24 horas / 7 dias por semana e que opera de forma 100% automática, desde a alimentação das matérias-primas à saída do rolo de lâ de rocha. Este é controlado por sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) que podem e devem estar integrados com o ERP (*Enterprise Resource Planning*) da empresa e outros sistemas, sendo o enorme desafio destas empresas a capacidade de analisar o enorme volume de dados gerado a cada segundo.

Dependendo do tipo de transformação, os graus de maturidade digital são naturalmente distintos e encerram desafios específicos que se abordam no *Roadmap* a propor para o setor dos recursos minerais.

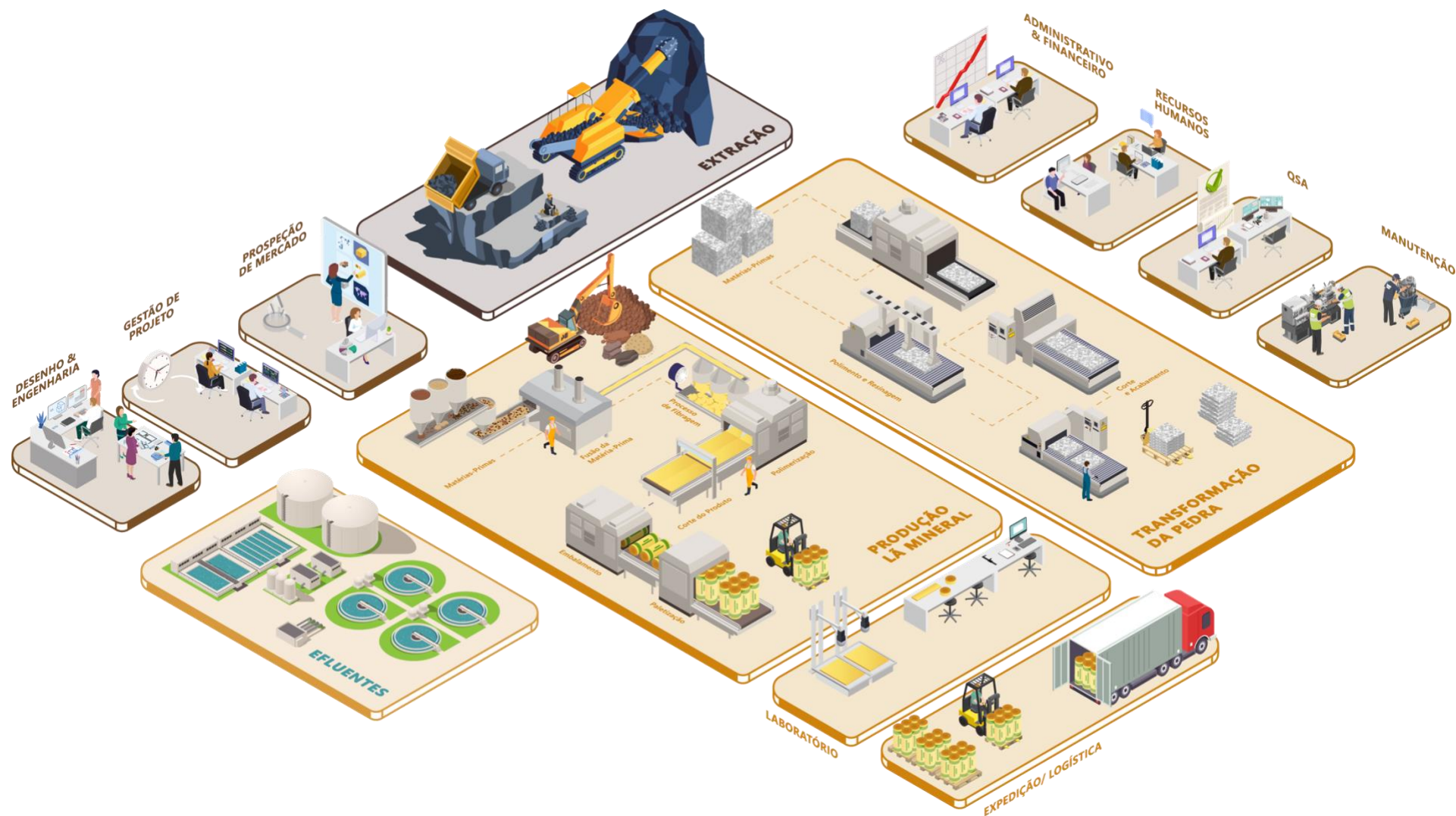


Figura 1: Exemplo de cadeia de valor da indústria dos Recursos Minerais.

3. GRAU DE MATURIDADE DIGITAL

Antes de se dissertar sobre o grau de maturidade digital que caracteriza o setor dos recursos minerais, importa apresentar uma contextualização ao nível dos processos, conceitos e tecnologias das áreas que integram e estão associadas a esta indústria.

Quer na extração, quer na transformação, a inovação é um fator determinante na diferenciação e criação de valor da oferta, pelo que a solidez da situação financeira é decisiva ao nível do investimento, inovação, crescimento e competição em mercados internacionais.

Com o setor a depender fortemente da tecnologia disponível para a realização das operações de extração, transformação e otimização ambiental, no caso do subsector da pedra natural, existe uma aposta crescente em *design* e modelação 3D, para repensar produtos e processos.

O objetivo consiste em tornar a pedra natural mais fácil de usar e com elevada durabilidade, em função das características intrínsecas do material (cor, resistência, manutenção, heterogeneidade, grão, textura, entre outros) e das exigências do mercado.

Na extração de pedra natural, as empresas são confrontadas com grandes desafios para serem eficientes, enquanto necessitam de garantir uma preservação do ambiente paisagístico. Os desperdícios são significativos nos processos de extração, estimando-se que 80% da extração do mármore e 60% do granito sejam subprodutos (ANIET, 2016).

O facto de a atividade de extração recorrer normalmente a explosivos e equipamentos de grande porte, para mover materiais e produtos, origina poeiras que requerem o uso de tecnologia

avanzada e de boas práticas para reduzir os seus efeitos negativos no ambiente e na saúde dos colaboradores (ANIET, 2016).

Na transformação, verifica-se que, apesar da evolução das técnicas utilizadas para prevenir e minimizar os efeitos da emissão de poeiras, os métodos tradicionais continuam a ser os mais utilizados. Por exemplo, o processamento pela via húmida com posterior recolha e tratamento dos efluentes e recirculação da água conduzem à produção de resíduos, como lamas e lodos residuais. Os processos de reaproveitamento nem sempre são atrativos do ponto de vista económico (ANIET, 2016, p. 39).

Mais recentemente, o setor tem visto na sustentabilidade e na descarbonização da indústria uma oportunidade para responder aos desafios colocados no pós-pandemia e contexto de guerra na Ucrânia. No que diz respeito à gestão do território, a indústria pretende explorar os recursos minerais, evitando desperdícios e encontrando novas formas de valorizar os resíduos (Leiria Global, 2022).

Para a descarbonização da indústria, está a ser preparado um roteiro destinado às empresas do setor, enquadrando-se na segunda fase da agenda mobilizadora do Plano de Recuperação e Resiliência. A ASSIMAGRA - Associação Portuguesa da Indústria dos Recursos Minerais adianta que o setor encara esta oportunidade como uma forma de desenvolver produtos mais sustentáveis (Leiria Global, 2022).

O desafio está em criar uma estratégia de digitalização que integra vários equipamentos de pequeno e grande porte com sistemas comerciais (CRM, ERP, MES, CAD, CAM, Gestão da Produção, Gestão Documental, Gestão da Qualidade, etc.) e

outros desenvolvidos à medida (e.g.: Gestão de projetos/custos, *dashboards* para análise de dados, etc.), que permita monitorizar, em tempo real, o desempenho de uma empresa e preconize a inovação do processo produtivo.

Um dos desafios associados às tecnologias de extração e processamento de recursos minerais é o de quantificar e recuperar Matérias-Primas Críticas (MPCs) a partir de subprodutos e de resíduos para identificar estratégias de Economia Circular e de desenvolvimento de novos produtos.

Um excelente exemplo de economia circular é da produção de lã de rocha que incorpora como matérias-primas resíduos da indústria mineira, como por exemplo os rejeitados de pedreiras de rochas ornamentais e de minerais industriais, assim como desperdícios do próprio processo que são recolhidos de forma automática e reintroduzidos na própria lã de rocha. Praticamente 100% da lã de rocha pode ser produzida a partir de rejeitados minerais.

Segundo o estudo “Global insulation market volume by material 2016-2021”, o mercado global da lã mineral em 2016 foi de 7 milhões de toneladas e deverá crescer 42,8% em 5 anos.

O estudo “Mineral Wool Market by Application” aponta que, de 2014 para 2019, se registou um crescimento anual de 7% nas vendas de lã mineral, num mercado que, em 2019, valia 12 mil milhões de dólares. A região da Ásia-Pacífico foi a que registou o maior crescimento da procura. Ainda pelo facto de a União europeia considerar o isolamento dos edifícios uma “arma chave” no combate às alterações climáticas e ter criado legislação mais exigente, o setor dos materiais de construção tem registado aumentos significativos. Por exemplo, em 2019, o mercado de isolamentos em Espanha representou 666 milhões de euros (35% exportação e 36% em lã mineral – vidro e rocha) e teve como principais destinos de aplicação: 28% indústria, 19% áreas

comerciais, 18% hotéis, 18% residências, 13% edifícios públicos e 4% outras aplicações diversas.

Em 2016, a Associação Nacional da Indústria Extrativa e Transformadora (ANIET, 2016) realizou um estudo transversal a todo o setor, para perceber o estado da arte do mesmo e o investimento realizado nesse sentido. Através da resposta a um questionário e da realização de entrevistas a empresários e técnicos, foi constituída uma amostra de 72% empresas da indústria extrativa e 28% empresas da indústria transformadora. No que diz respeito à sua distribuição geográfica, 80% das empresas estão localizadas na região norte, 16% no centro e os restantes 4% em outras regiões de Portugal.

Este estudo identificou que:

- Os recursos financeiros e a reduzida cooperação entre empresas e entidades tecnológicas são as principais barreiras à transformação digital, indicando que ainda há um vasto caminho a percorrer para incutir nas empresas os princípios basilares da Indústria 4.0.
- Ausência de uma cultura de cooperação entre as empresas do setor, bem como com outros setores e com entidades tecnológicas, permeia a emergência de dificuldades e incapacidades no tecido empresarial para promover e apresentar vantagens competitivas junto dos mercados internacionais, por exemplo ao nível da reabilitação do património edificado e de outras infraestruturas.
- A capacidade excedentária aplicada à transformação de recursos naturais abundantes e de qualidade está na base de constrangimentos económicos. A progressiva perda de valor deve-se à incapacidade de o setor se expandir corretamente para novos mercados de exportação que absorvam e compensem o investimento realizado.
- A falta de investimento em Investigação e Desenvolvimento (I&D) condiciona a competitividade e a criação, de forma contínua e sistematizada, de valor na oferta do setor, verificando-se a ausência de políticas de eficiência ambiental que minimizem os impactos dos processos de extração e de transformação.
- Em termos de inovação, 82% das empresas considera que tem potencial inovador. Contudo, quando sinalizam a tipologia de inovação mais importante no setor, a maioria refere o processo produtivo/equipamentos. Percebe-se que existem claras carências de informação, uma vez que a inovação é percebida como a modernização dos equipamentos e do *know-how* dos fornecedores.
- A falta de competitividade e criação de valor na oferta está patente quando o produto e as TIC são vistas como os tipos de inovação menos importantes no setor da pedra natural, com 26% e 5%, respetivamente.

Analisando-se os diagnósticos realizados para empresas de extração e de transformação da pedra natural através da Plataforma Shift2Future (N = 12), observa-se que:

Estratégia e Organização

- A maioria das empresas não planeia estratégias para a digitalização através de roteiros de ação, levando a cabo algumas iniciativas de implementação isolada de tecnologias I4.0.
- Existe uma evidente necessidade de se definir estratégias sistematizadas para a digitalização, recorrendo a roteiros tecnológicos e envolvendo os colaboradores de forma ativa desde o início dos projetos.
- Existe um claro potencial de melhoria dos processos para uma visão global das organizações por meio da implementação de sistemas de gestão da tecnologia e inovação por áreas-chave.

Infraestrutura Inteligente

- Grande parte das empresas conta com um reduzido alinhamento entre os sistemas de informação e os processos de negócio, uma vez que não existe uma recolha de dados.
- Algumas empresas possuem um estágio inicial de modelação digital, com a recolha de dados de equipamento e processos durante a produção.
- Algumas áreas são suportadas por sistemas TI e estão integradas.
- Constata-se um potencial de melhoria em termos de cibersegurança.

Operações Inteligentes

- A maioria das empresas ainda se encontra numa fase de preparação dos sistemas de produção para a recolha de dados em tempo real.
- A partilha de informação já está a ocorrer internamente em alguns departamentos das empresas.
- Existe um potencial de melhoria ao nível da automação de processos operativos (produção e logística interna).
- Há uma necessidade de resolver problemas da qualidade a partir da obtenção e tratamento de informação em tempo real.
- A maioria das empresas utiliza serviços na nuvem para armazenar os seus dados.

Produtos Inteligentes

- Ausência de produtos que utilizem funcionalidades TIC, tais como memória, autoinformação, integração, localização, serviço de apoio, monitorização ou identificação automática.
- As empresas não recolhem dados sobre a utilização dos produtos.

Serviços Baseados em Dados

- Poucas empresas oferecem serviços baseados em dados.
- As empresas começam a ajustar timidamente o seu modelo de negócios para promoverem serviços auxiliares aos produtos principais.
- Existe um potencial para o desenvolvimento de infraestruturas de desenvolvimento de serviços adicionais, resultando em produtos inteligentes, por meio de dados recolhidos diretamente dos produtos e serviços.

Recursos Humanos

- Existe pouca mão-de-obra qualificada e com formação em tecnologias I4.0 empregada nas empresas.
- Dificuldades por parte das empresas em disponibilizar aos colaboradores ações de formação regulares sobre o uso das tecnologias I4.0.

4. ROADMAP PARA O SETOR DOS RECURSOS MINERAIS

Tendo em conta o nível “iniciado” de maturidade digital em que se encontra o setor da Pedra, que compreende as fases chave de extração e transformação, apresenta-se um Roadmap que visa oferecer às empresas um guião para a sua transformação digital. Pretende-se que este instrumento auxilie o setor a aumentar o seu nível de maturidade, tendo como base a escala proposta pelo modelo Shift2Future ilustrado na Figura 2.

O Roadmap é composto por cinco etapas, designadamente pelo diagnóstico, visão da estratégia de digitalização, plano de ação e equipa, execução e avaliação.

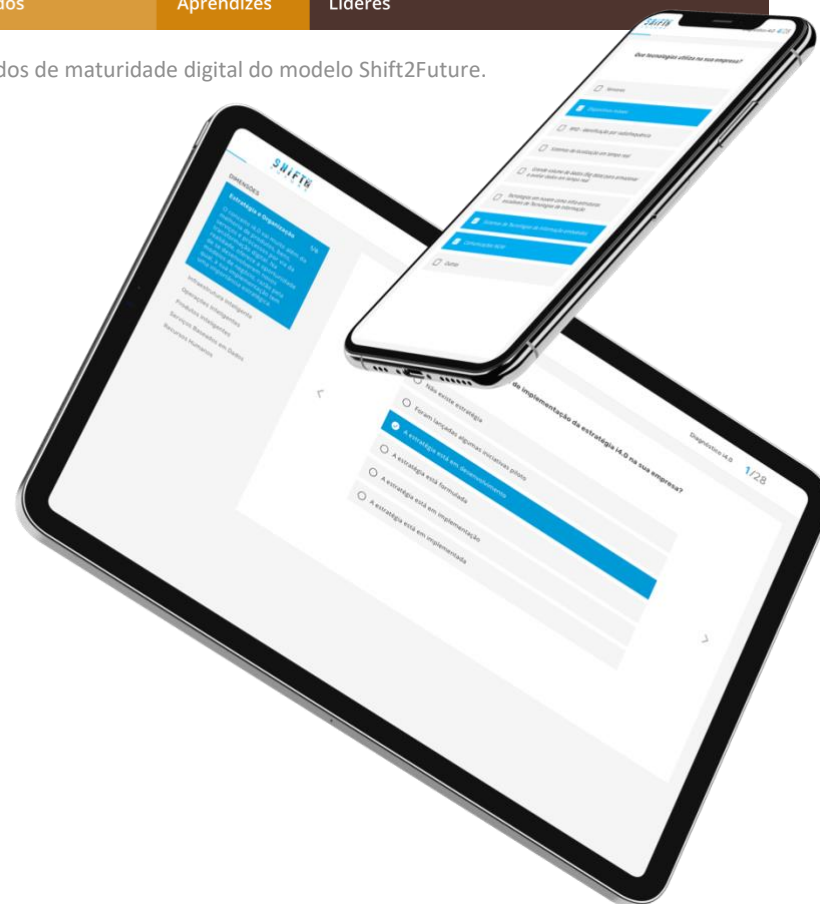
Em cada etapa, investigam-se, definem-se, planeiam-se, executam-se e avaliam-se as seis dimensões propostas pelo modelo de maturidade digital Shift2Future: estratégia e organização; infraestrutura inteligente; operações inteligentes; produtos inteligentes; serviços baseados em dados; recursos humanos.

A estas dimensões propostas pelo diagnóstico Shift2Future, acrescenta-se uma componente transversal de **“Gestão do Conhecimento”** com o intuito de se avaliar:

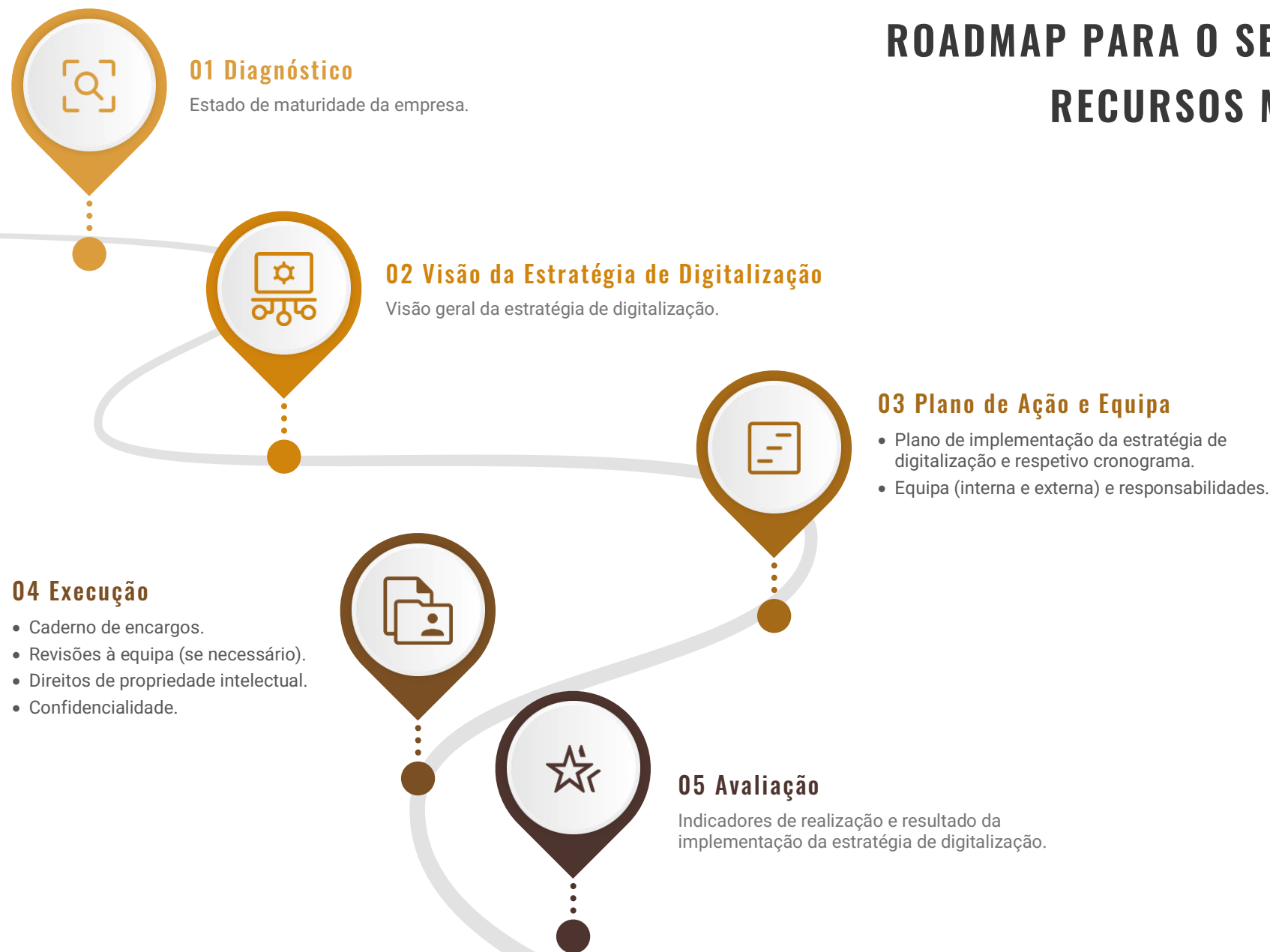
- A utilização de sistema colaborativos ou *sharepoints* para a disseminação da informação e partilha do conhecimento.
- Estratégias de documentação dos projetos, iniciativas e atividades de inovação ou melhoria contínua e registo de boas práticas e lições aprendidas.



Figura 2: Estados de maturidade digital do modelo Shift2Future.



ROADMAP PARA O SETOR DOS RECURSOS MINERAIS





Estratégia e Organização



Infraestrutura Inteligente



Operações Inteligentes



Produtos Inteligentes



Serviços Baseados em Dados



Recursos Humanos



Gestão do Conhecimento

1 Diagnóstico

AVALIAR:

- Estratégias em curso, principais desafios e constrangimentos.
- Nível de comprometimento da gestão de topo.
- Modelo orgânico e respetivos fluxos de responsabilidades.
- Investimentos realizados e em curso no âmbito da transição e capacitação digital.
- Indicadores de avaliação do desempenho da organização.

AVALIAR:

- Infraestrutura tecnológica atual de suporte à gestão das operações e à segurança da informação.
- Grau de atualização tecnológica da infraestrutura.
- Modelos de recolha, armazenamento e análise de dados.

AVALIAR:

- Fases (Extração e Transformação) e Operações (perfuração, colocação de explosivos, detonação, recolha de rocha fragmentada, processamento, prospeção de mercado, gestão de clientes, gestão de projetos, desenho, engenharia, produção em etapas, testes, controlo da qualidade, logística, venda, recolha e tratamento de efluentes e ainda operações de suporte como manutenção, gestão e administração, gestão de pessoas e formação, entre outras).
- Utilização de técnicas 3D para o desenvolvimento de novos produtos e visualização das suas aplicações.
- Sistemas de inspeção visual automática de defeitos no produto.
- Recursos a sensores de IoT para monitorização da qualidade do ar (ex: controlo de poeiras) e dos efluentes líquidos.
- Nível de automação da maquinaria usada nos processos de extração e transformação.
- Nível de digitalização das operações.
- Sistemas de informação que suportam cada uma das operações (CRM, ERP, SCADA, Controlo remoto de máquinas).
- Níveis de integração e de rastreabilidade da informação.

AVALIAR:

- Recurso a tecnologias digitais para o desenvolvimento e prototipagem de novos produtos (realidade virtual, CAD 3D, etc).
- Potencial de economia circular dos subprodutos e resíduos.
- Modelos inteligentes de venda dos produtos.

AVALIAR:

- Estratégias de transformação dos dados em conhecimento para suportar a otimização e/ou desenvolvimento de produtos, serviços e processos.
- Nível de literacia em matemática/estatística para a análise dos dados.
- Sistemas de informação que suportam a análise de dados.

AVALIAR:

- Nível de literacia digital das pessoas.
- Ações em curso para o desenvolvimento de novas competências
- Necessidades formativas.

AVALIAR:

- A utilização de sistema colaborativos ou sharepoints para a disseminação da informação e partilha do conhecimento.
- Estratégias de documentação dos projetos, iniciativas e atividades de inovação ou melhoria contínua e registo de boas práticas e lições aprendidas.

2 Visão da Estratégia de Digitalização

DEFINIR:

- Visão esquemática da estratégia de digitalização em toda a cadeia de valor da empresa, destacando o que é e não é âmbito da transição digital.
- Sistemas de informação que estão previstos para cada operação ou um conjunto de áreas.

DEFINIR:

- Arquitetura da infraestrutura tecnológica que deve ser implementada para suportar a estratégia de digitalização, incluindo:
 - Modelos de Hosting de aplicações (On-Premises versus Cloud);
 - Modelos de licenciamento (SaaS e Vitalício);
 - APIs de integração;
 - Rede industrial e de sensores e respetivos protocolos de comunicação;
 - Grau de resiliência e de disponibilidade da rede de dados;
 - Mecanismos de cibersegurança e disaster recovery
 - Gestão de acessos e permissões;
 - Arquitetura de identificação e proteção de dados pessoais para assegurar o cumprimento dos requisitos do RGPD.

DEFINIR:

- Processos e operações âmbito da digitalização.
- Um ERP para a gestão global da empresa.
- Sistemas de informação que suportam cada uma das operações (CRM, ERP, SCADA, Controlo remoto de máquinas).
- Matriz de integrações.
- Sistemas automação e de controlo remoto a serem incorporados nas máquinas e equipamentos para aumentar a segurança das pessoas, eficiência e precisão.
- Estratégias de atualização de hardware e software.
- Planos de controlo, monitorização e análise das operações.

DEFINIR:

- Sistemas de informação necessários ao desenvolvimento de produtos.
- Plataformas online, website institucional e/ou marketplaces mundiais onde o produto possa ser vendido e/ou divulgado.

DEFINIR:

- Tipos de dados e requisitos de RGPD.
- Modelos de negócio que podem surgir, por exemplo, através da valorização dos resíduos da pedra, como é o caso da transformação em lâ de rocha.
- Estratégias para o tratamento dos dados.

DEFINIR:

- Competências internas a desenvolver para dar resposta à transição digital.
- Novas contratações (se necessário).
- Parceiros tecnológicos estratégicos que constituem a equipa do projeto.

DEFINIR:

- Plataformas colaborativas para a gestão do projeto e partilha da informação.
- Metodologias e templates para a descrição do projeto e registo das ações, boas práticas e lições aprendidas.

3 Plano de Ação e Equipa

- Elaborar memória descritiva do projeto de digitalização.
- Avaliar os investimentos e as incertezas científicas envolvidas.
- Identificar fontes de financiamento.
- Reunir os meios financeiros e técnicos.

- Selecionar fornecedores para a implementação da infraestrutura tecnológica necessária para a estratégia de digitalização.
- Elaborar templates para a documentação das especificações técnicas das tecnologias.
- Mapear a rede de dados da infraestrutura física e identificar os pontos a reforçar.
- Criar condições para a implantação da nova infraestrutura tecnológica.
- Planear auditorias de segurança à nova infraestrutura tecnológica.

- Especificar a matriz de integrações.
- Selecionar os fornecedores de cada sistema de informação que integra a estratégia de digitalização e definir, com cada um, os respetivos planos de implementação, assegurando pontos de integração.
- Caracterizar os sistemas a automatizar e a controlar remotamente.
- Caracterizar as variáveis críticas dos produtos e processos que devem ser medidas, controladas, monitorizadas e analisadas, em tempo real.
- Mapear as operações ao detalhe e avaliar perdas.
- Avaliar upgrades tecnológicos e alterações de layout que minimizem perdas.
- Selecionar, no mercado, soluções de automação das operações.
- Definir o mapa de indicadores de avaliação do desempenho das operações.

- Verificar a atualização dos sistemas de informação e a sua capacidade de integração com outros sistemas.
- Avaliar o potencial de mercado de novos modelos de negócio que decorrem, por exemplo, de estratégias de economia circular.

- Design da estratégia de análise estatística dos KPIs da organização e que podem ser obtidos por via manual ou automática, através da integração entre sistemas.
- Selecionar sistema de BI.

- Selecionar a equipa interna responsável pela implementação.
- Selecionar os parceiros tecnológicos.

- Configurar o plano de trabalhos do projeto de digitalização numa plataforma de gestão de projetos.
- Organizar o sharepoint para facilitar a partilha da informação.
- Elaborar uma apresentação do projeto para disseminar na organização e assegurar que todos têm conhecimento da mudança que está em curso.

4 Execução

- Organizar o kick off formal do projeto na organização para assegurar o envolvimento de todos.
- Realizar reuniões periódicas sobre o estado de execução dos trabalhos.
- Controlar os custos associados e comparar cenários.
- Elaborar e submeter candidaturas a sistemas de incentivo disponíveis.

- Implementar a infraestrutura tecnológica em função do especificado.
- Instalar sensores de IoT e outros sistemas para assegurar a automação e o controlo remoto das operações
- Reunir junto dos fornecedores de tecnologia a respetiva documentação técnica.
- Realizar auditorias de segurança.

- Implementar, segundo os planos de trabalhos acordados com cada fornecedor de tecnologia, os sistemas de informação selecionados e que suportam a gestão das operações.
- Para o setor da pedra, dependendo da área de atividade, poderá ser importante selecionar um CRM para a gestão comercial, um ERP para a gestão global da empresa e um sistema para o planeamento e gestão das ordens de trabalho relacionadas com o processo de extração ou de transformação da Pedra.
- No caso de sistemas contínuos de transformação, por exemplo na produção de Lã de Rocha, é premente a existência de sensores de IoT ligados a um SCADA para monitorizar e controlar as variáveis críticas do produto e processo, bem como de um sistema de análise de dados, em tempo real.
- A utilização de máquinas autónomas e controladas remotamente pode ser crucial para o desenvolvimento de trabalhos na extração da pedra.

- Desenvolver produtos à base de pedra de forma mais inovadora e com menor impacto ambiental.
- Maximizar a economia circular com transformação dos resíduos de pedra em novos produtos, como é exemplo a lâ de rocha.

- Mapear as fontes de dados.
- Licenciar uma plataforma de BI e integrá-la com as fontes de dados.
- Desenvolver no sistema de BI os dashboards de análise estatística que permitem avaliar o desempenho das operações e da empresa.

- Capacitar a equipa para a gestão das mudanças e para a utilização dos novos sistemas de informação.
- Capacitar a equipa com conhecimentos no âmbito da análise global de dados e com técnicas de melhoria contínua.

- Definir sprints de trabalho e acompanhar a sua execução.
- Documentar os trabalhos em curso.
- Realizar reuniões periódicas de pontos da situação.

5 Conclusão

- Realizar um workshop de avaliação de resultados.
- Analisar com regularidade os KPIs da organização para avaliar o impacto da digitalização.

- Analisar com regularidade os KPIs sobre a resiliência e a segurança da infraestrutura.

- Analisar com regularidade os KPIs da avaliação do desempenho das operações.

- Analisar com regularidade o impacto da sensorização dos produtos e dos novos modelos de negócio gerados.

- Desenvolver questionários para obter feedback dos colaboradores sobre a digitalização, diagnosticar necessidades formativas e traçar ações de capacitação.

- Promover a adoção das metodologias Lean e 6 Sigma para a melhoria contínua dos processos, produtos e da empresa como um todo.



4.1. DIAGNÓSTICO

O diagnóstico i4.0 desenvolve-se nas seguintes fases:

01

Apresentação,

pela administração da empresa, de forma autónoma ou com o apoio de equipas consultoras especialistas, dos objetivos da transformação digital na empresa e do Roadmap que será desenvolvido. Em paralelo, é fundamental que a empresa identifique as pessoas chave para preconizar a sua transformação digital.

Nesta fase, recomenda-se a criação de uma identidade gráfica com a qual a empresa se identifique e que simbolize a visão, missão e princípios da estratégia de transformação digital.

02

Resposta ao diagnóstico i4.0,

disponível em www.shift2future.pt, pela administração e pelos responsáveis das áreas-chave.

03

Avaliação

pela administração e pelos responsáveis das áreas-chave, das respostas dadas ao questionário online e perceber, em detalhe, pelo menos os seguintes aspetos:

- Principais desafios e constrangimentos.
- Modelo orgânico e respetivos fluxos de responsabilidades.
- Arquitetura de processos e sistemas de informação que os suportam.
- Equipa e respetivas competências digitais.
- Infraestrutura tecnológica atual de suporte à gestão das operações.
- Nível de digitalização das operações.
- Sistemas de informação que suportam as operações.
- Níveis de integração e de rastreabilidade da informação para assegurar um fluxo contínuo e Lean de dados.
- Investimentos em curso.

04

Elaboração de um relatório

de diagnóstico que caracterize o ponto de partida do estado de maturidade digital, as áreas críticas de intervenção e defina uma visão da estratégia de digitalização, um plano de ação, custos e equipa, bem como instrumentos de financiamento.

05

Organização de uma sessão de apresentação

e discussão do relatório de diagnóstico, envolvendo o mais possível todos os colaboradores.

06

Revisão do relatório

e envio da versão final.



4.2. VISÃO DA ESTRATÉGIA DE DIGITALIZAÇÃO

A visão da estratégia de digitalização deve ter uma abrangência holística, ou seja, incluir toda a cadeia de valor da empresa, e contribuir para “criar um todo verdadeiro que é maior do que a soma das suas partes” (Peter Drucker), conforme ilustrado na figura 3. Na definição desta visão, é crítico assegurar a transformação dos dados em conhecimento e valor para a empresa. Para tal, a metodologia a adotar deverá compreender as seguintes ações, resumidas na figura 4.

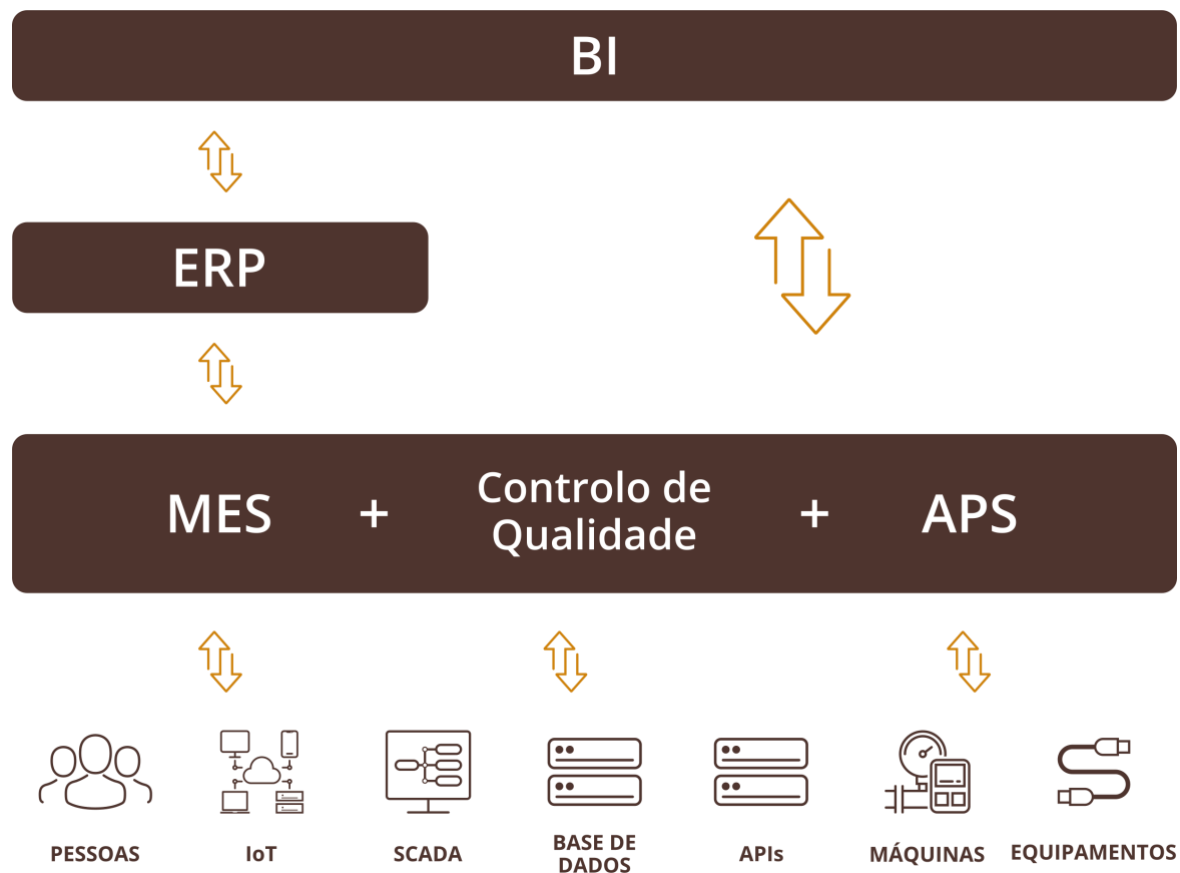


Figura 3: Visão da estratégia de digitalização.

01. Identificar as variáveis críticas de cada operação/processo que integram a cadeia de valor da empresa (ex: dados geológicos das pedreiras, técnicas de extração menos poluentes e abrasivas, prospeção de mercado, orçamentação, gestão de encomendas e ordens de trabalho, controlo da qualidade, logística, análise de dados, etc.).

02. Perceber como são medidas estas variáveis e como são rastreadas (ex: controlo remoto de uma máquina que está numa pedreira).

03. Definir os indicadores de desempenho (KPIs) que se pretendem calcular e medir em tempo real.

04. Mapear, caracterizar e validar as fontes de recolha de dados. Nesta fase, é importante analisar os sistemas de informação que suportam os processos, respetivas bases de dados e níveis de integração. É comum haver dados dispersos em folhas MS Excel, com uma categorização insuficiente, que dificulta a sua análise.

05. Implementar uma rede de dados segura, através da adoção de sistemas de cibersegurança.

06. Ligar máquinas e equipamentos a sistemas de informação.

07. Definir um fluxo contínuo de dados que seja capaz de ligar variáveis, de forma automática, na cadeia de valor (ex: nº de horas gastas por uma máquina para executar uma ordem de trabalho).

08. Integrar sistemas de informação para evitar duplicação de tarefas e assegurar um fluxo contínuo (ex: o CRM - Customer Relationship Management com o ERP - Enterprise Resource Planning, o gestor da produção, o SCADA para a monitorização e controlo, etc).

09. Identificar, nos sistemas de informação, “estados” ou ações que impliquem uma mudança de fase, para se medirem, por exemplo, os tempos de execução entre tarefas (ex: perfuração, colocação de explosivos, detonação, recolha de rocha fragmentada, transporte, processamento, etc.).

10. Definir uma estratégia de análise estatística adequada a cada tipo de variável.

11. Desenhar os dashboards a desenvolver para cada tipo de variável ou conjunto de KPIs (Key Performance Indicators).

12. Desenvolver um sistema de Business Intelligence integrado com as diversas fontes de dados, que permita explorar grandes séries de dados (Big Data) através de uma visualização analítica dos dados e dos indicadores de desempenho (KPIs), que pode integrar modelos preditivos para situações correntes e pontuais, associados a regras de alarmística de suporte à operação.

13. Promover a programação de lógicas implícitas de negócio, que estão apenas “na cabeça das pessoas”, em algoritmos que tornem explícito esse conhecimento.

14. Capacitar as pessoas para a medição, monitorização e controlo das variáveis, KPIs, com vista à otimização dos processos.



Figura 4: Metodologia a adotar.



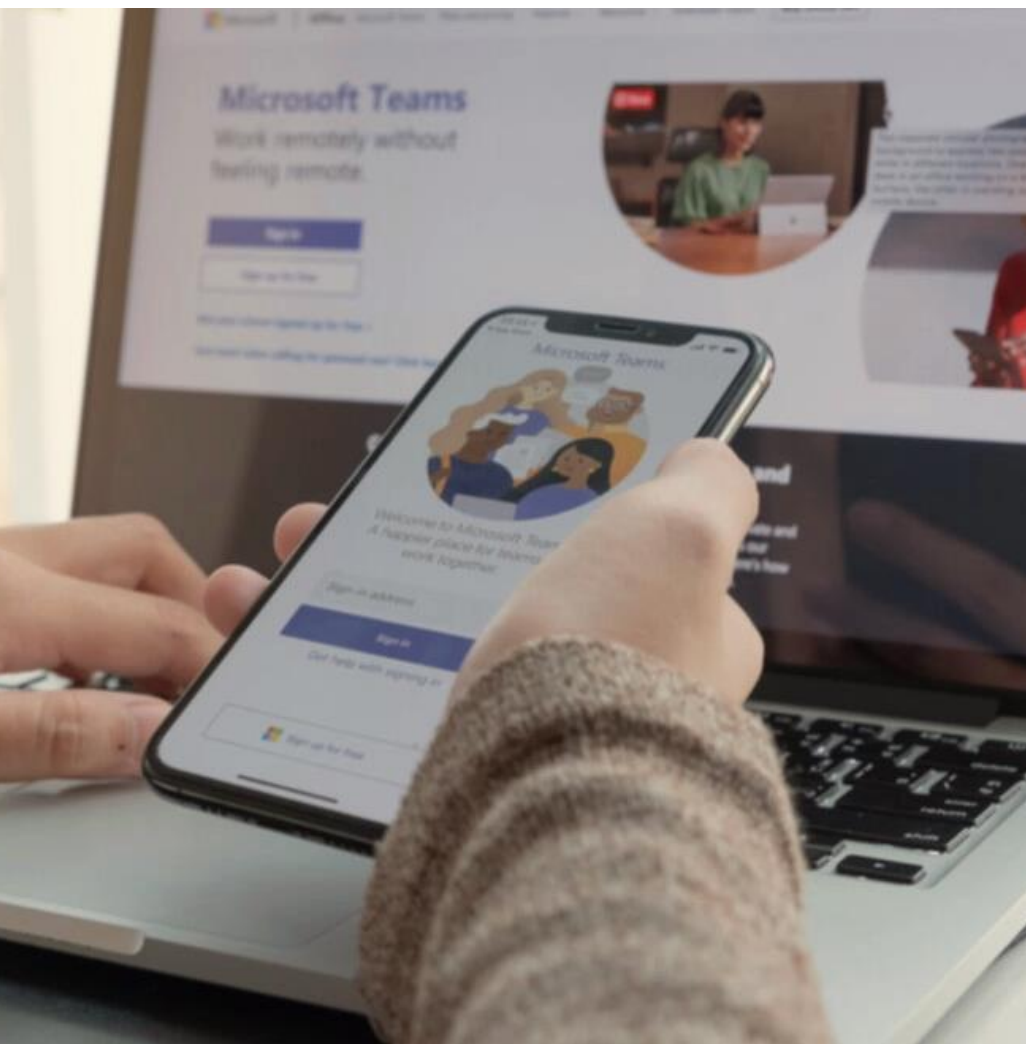
4.3. PLANO DE AÇÃO E EQUIPA

Em função do diagnóstico realizado e da definição da estratégia de digitalização, deve ser traçado um plano de ação e respetivo cronograma, sendo apresentado um exemplo na Tabela 1. Neste exemplo, indicam-se possíveis atividades e entregáveis a obter para as áreas-chave do setor que podem incluir duas fases (Extração e Transformação) e operações como: perfuração, colocação de explosivos, detonação, recolha de rocha fragmentada, processamento, prospeção de mercado, gestão de clientes, gestão de projetos, desenho, engenharia, produção em etapas, testes, controlo da qualidade, logística, venda, recolha e tratamento de efluentes e ainda operações de suporte como manutenção, gestão e administração, gestão de pessoas e formação, entre outras.



Tabela 1: Exemplo de plano de implementação da estratégia de digitalização, cronograma e entregáveis.

ATIVIDADES E TAREFAS	ENTREGÁVEIS
A1 Arquitetura Tecnológica (1 mês)	- Definição de uma infraestrutura tecnológica segura e de alta disponibilidade. - Avaliação de custos de manutenção dessa infraestrutura.
A2 Implementação da Estratégia de Digitalização (6 a 12 meses)	- Estratégia de digitalização implementada conforme a visão definida. - Equipa capacitada para dar resposta a esta mudança.
T2.1 Gestão da cadeia de valor	- Processos revistos para assegurar os pontos de integração na cadeia de valor. - Seleção, caso não exista, de um ERP que inclua toda a cadeia de valor da empresa. - Pontos de integração do ERP com outros sistemas.
T2.2 Gestão comercial	- CRM implementado e integrado com o ERP (caso sejam diferentes). - Dashboards do desempenho comercial da empresa.
T2.3 Gestão de obra/tarefas	- Sistema de planeamento e gestão das ordens de trabalho relacionadas com o processo de extração ou de transformação da Pedra. - No caso de sistemas contínuos de transformação, por exemplo na produção de Lã de Rocha, é premente a existência de sensores de IoT ligados a um SCADA para monitorizar e controlar as variáveis críticas do produto e processo, bem como de um sistema de análise de dados, em tempo real.
T2.4 Gestão da qualidade, ambiente e segurança	Indicar um sistema que permita o controlo das variáveis críticas da qualidade, ambiente e segurança e que integre com o ERP.
T2.5 Gestão logística	- Processo logístico revisto para assegurar os pontos de integração na cadeia de distribuição vertical e a sua otimização. - Indicar, caso se aplique, sistemas de gestão de frotas e rotas. - Design do dashboard da gestão logística.
T2.6 Análise de Big Data	- Design da matriz de integração de sistemas, para assegurar um fluxo contínuo e lean de dados rastreados e fiáveis. - Design da estratégia de análise estatística dos KPIs da organização e que podem ser obtidos por via manual ou automática, através da integração entre sistemas. - Sistema de BI implementado, quando os dados já estão disponíveis e devidamente rastreados.
A3 Capacitação das Pessoas	Equipas capazes de atuar, sem restrições, segundo novo modus operandi ou com novos sistemas de informação de gestão logística e/ou da produção.



4.4. EXECUÇÃO

Para o acompanhamento e avaliação da execução do plano de intervenção, bem como a tomada de quaisquer decisões conducentes à sua adequada execução, sugere-se:

- A criação de um canal de comunicação (ex: Microsoft Teams) e respetivo sharepoint para facilitar a comunicação e a partilha de documentos entre as equipas responsáveis pela implementação do plano de ação.
- A utilização de uma plataforma colaborativa (ex: JIRA, Smartsheet) para a gestão e acompanhamento da execução do projeto de transformação digital.
- O registo das horas afetas ao projeto de cada membro da equipa numa plataforma colaborativa.
- O controlo dos custos em CAPEX e OPEX.
- A realização e documentação periódica de reuniões.
- A elaboração de relatórios intercalares que sejam capazes de “contar a história do projeto”.
- O desenvolvimento de um relatório final do projeto de transformação digital.



4.5. AVALIAÇÃO

A avaliação do projeto de transformação digital pode ser realizada a vários níveis, nomeadamente:

- Do estado de execução do projeto.
- Das expectativas dos colaboradores face aos resultados que estão a ser obtidos.
- Da satisfação dos gestores da empresa face aos resultados.
- Dos indicadores de desempenho económico e operacional da empresa.
- Do novo estado de maturidade digital através de nova resposta ao questionário Shift2Future.

Na Tabela 2, apresenta-se um conjunto de indicadores que podem ser usados para avaliar o impacto do projeto de digitalização, como o grau de execução do projeto, o cumprimento do seu plano de trabalhos e orçamento, o nível de upgrade tecnológico dos processos, as novas competências adquiridas pelas pessoas e a propriedade intelectual gerada e que contribui para aumentar o valor da empresa.

Tabela 2: Scorecard de medição do impacto da transformação digital.

KPI	DESCRIÇÃO	TIPO DE VARIÁVEL	FREQUÊNCIA	MEDIÇÃO
Lead Time	Tempo total de desenvolvimento do projeto de transformação digital e comparação com o planeado.	Numérica Contínua	Por projeto	É o tempo que decorre deste o kick off do projeto até à sua conclusão.
Lead Cost	Custo total de desenvolvimento do projeto de transformação digital e comparação com o planeado.	Numérica Contínua	Por projeto	É o custo global do projeto de inovação, incluindo investimento em imobilizado, horas homem e outros custos.
Grau de Execução	Iniciativas implementadas versus iniciativas planeadas. Custo executado versus custo planeado.	Numérica Contínua	Por projeto	É o rácio entre iniciativas ou custo executado/ iniciativas ou custo planeado.
Valor da PI	Valor da propriedade intelectual gerada.	OK/ NOK	Por projeto	Se foi ou não gerada propriedade intelectual para a empresa. Por exemplo, um sistema de informação desenvolvido à medida.
Up-Skills - Processos	Processos que foram alterados ou sofreram uma atualização tecnológica.	N.º de Processos e Quais	Por projeto	N.º de processos e quais sofreram processos de transformação digital.
Up-Skills - Pessoas	Novas competências adquiridas pela equipa, novas funções que decorrem da digitalização.	Novas Funções e Skills	Por projeto	Novas competências e ou funções que foram desenvolvidas com a transformação digital.
Grau de Digitalização	Resultado da resposta ao Diagnóstico i4.0 disponível em www.shift2future.pt .	Numérica	Por projeto	Resultado da resposta ao Diagnóstico i4.0 disponível em www.shift2future.pt .

5. CONCLUSÕES

Os fatores de competitividade que pautavam o setor da extração e transformação de recursos minerais alteraram-se significativamente nos últimos anos. No que diz respeito aos mercados, estes passaram a exigir às empresas do setor atitudes comerciais proativas, respostas rápidas, flexibilidade operativa e diferenciação da oferta. Contudo, desde sempre, este segmento industrial se destacou por um grande potencial decorrente da utilização de produtos de grande qualidade, como é o caso do subsetor da pedra natural.

Essas exigências implicam mudanças por parte das empresas. Isto é, mandatos de diferenciação, crescimento, expansão e internacionalização, através do desenvolvimento de modelos de negócio ambiciosos, para os quais as capacidades técnicas desempenham um papel de extrema importância na eficiência organizativa.

Para tal, é fundamental que sejam capazes de definir uma estratégia que preconize a eficiência, a sustentabilidade e a responsabilidade social, através da adoção dos princípios da indústria 4.0 e do novo paradigma de Sociedade 5.0, quer no seu ecossistema empresarial (vertente interna), quer nos seus utentes, clientes, consumidores, fornecedores e parceiros (vertente externa), trazendo as pessoas para o centro desta mudança, contribuindo para a melhoria da sua qualidade de vida.

O alcance desta visão e objetivos só será possível com a capacitação das empresas e suas equipas com ferramentas de gestão estratégica e operacional que agilizem o trabalho, contribuam para a sua segurança e bem-estar, e transformem

a informação contida nos dados, medidos em toda a cadeia de valor, em conhecimento e valor, contribuindo assim para o conceito de organização super-humana, inteligente, conectada, eficiente e sustentável.

O conceito de Sociedade 5.0 foi lançado pelo Japão em 2017 com o intuito de “posicionar o ser humano no centro da inovação e da transformação tecnológica”, desafiando as empresas a focarem os seus processos, produtos e serviços nas necessidades das pessoas, através de uma profunda integração de tecnologias como a inteligência artificial, a robótica, *Big Data*, etc.

Segundo Schwab (2017), no seu livro “A Quarta Revolução Industrial”, os fatores que ditarão mudanças drásticas nas empresas são a velocidade (tudo acontece a um ritmo muito mais rápido), a abrangência e a profundidade (há muitas mudanças radicais a acontecer em simultâneo) e a completa transformação de sistemas.

Partindo destas premissas e conciliando os conceitos de Indústria 4.0 e Sociedade 5.0, o presente documento pretende ser um guião para aumentar a maturidade digital das empresas, dando resposta aos seguintes desafios:

- Desenvolvimento de uma cultura contínua de inovação capaz de gerar valor diferenciador para o mercado, de forma rápida e incisiva.
- Definição de uma estratégia que envolva, desde muito cedo, as pessoas no processo de mudança e que conduza a uma solução

integrada de gestão das operações, da informação e do conhecimento.

- Implementação, com recurso à integração entre sistemas, digitalização de operações, automação e IoT (*Internet of Things*), um modelo de “*Smart Factory*”, que assegure a eficiência e um fluxo contínuo de informação, produtos e materiais.
- Desenvolvimento de um sistema de *Business Intelligence* que permita explorar a *Big Data* através de uma visualização analítica dos dados e dos indicadores de desempenho (KPIs), que pode integrar modelos preditivos para situações correntes e pontuais, associados a regras de alarmística de suporte à operação.
- Promoção da programação de lógicas implícitas de negócio que se encontram apenas “na cabeça das pessoas” em algoritmos que tornem explícito esse conhecimento.
- Garantir a rastreabilidade de riscos de segurança na sua rede global, através da adoção de sistemas de cibersegurança.
- Ter a noção dos custos fixos e anuais que decorrem da implementação de uma estratégia de digitalização, bem como da equipa necessária para a gerir.
- Identificação dos requisitos da infraestrutura tecnológica a adotar.
- Capacitação das pessoas para a implementação destas mudanças.



Compreender que esta revolução implica uma mudança de atitude e a clara percepção de que vivemos num mundo global, interligado e radicalmente aberto, onde a única certeza é a incerteza e a fonte adquirida de vantagem competitiva é o conhecimento, assume-se como o ponto de partida para “fazer acontecer”.

6. REFERÊNCIAS

Global insulation market volume by material 2016-2021 (<https://www.statista.com/> consultado a 26 de maio de 2020)

Mineral Wool Market by Application (Building & Construction, Industrial & Appliances, Transportation, and Others) & Regional Analysis (North America, Europe, Asia-Pacific and Row) - Trends & Forecasts To 2019 (<https://www.marketsandmarkets.com/>, consultado a 26 de maio de 2020)

ASSIMAGRA. (2021). *Estatística anual dos recursos minerais*. Recursos Mineirais de Portugal. https://www.assimagra.pt/wp-content/uploads/2021/05/ESTATISTICA-ANUAL-2021-RECURSOS_MINERAIS.pdf

ANIET. (2016). *Diagnóstico competitivo sobre o setor da extração e transformação da pedra natural*. Associação Nacional da Indústria Extrativa e Transformadora. http://www.aniet.pt/fotos/editor2/internacionalizacao/diagnostico_competitivo_sector.pdf

Leiria Global. (2022, agosto). Pedra: Exportações em crescendo criam boas perspetivas para 2022. *Revista Leiria Global*. <https://www.assimagra.pt/pt/comunicacao/imprensa/pedra-exportacoes-em-crescendo-criam-boas-perspectivas-para-2022> (consultado no dia 1 de março de 2023).

Marques, C. V., Labarre, G., Sarmiento, I. M., João, S. O., & Bordinon, T. N. (2021). Increasing international footprint of a natural stone business. https://run.unl.pt/bitstream/10362/123336/1/2020-21_fall_41476_guillaume-labarre.pdf

Miguel, I. P. (2020, 27 de fevereiro). Indústria da pedra natural: “Portugal tem forte tradição e é capaz de responder aos maiores desafios mundiais”. *O Jornal Económico*. <https://jornaleconomico.pt/noticias/a-ambicao-do-hub-e-liderar-as-principais-iniciativas-internacionais-para-o-desenvolvimento-do-setor-551844> (consultado no dia 1 de março de 2023).

Silva, R. S. (2022, 13 de junho). Indústria da pedra quer exportar mais, mas dificuldades logísticas impedem. *Jornal de Leiria*. <https://www.jornaldeleiria.pt/noticia/industria-da-pedra-quer-exportar-mais-mas-dificuldades-logisticas-impedem> (consultado no dia 1 de março de 2023).

Imagens:

Alves, P. N. (s/d). As formas do cobre. *Centro Ciência Viva do Lousal*. <https://lousal.cienciaviva.pt/as-formas-do-cobre/> (extraída no dia 8 de março de 2023).

Oestefer. (2021, 28 de janeiro). Ferro: Conheça a história de um dos minerais mais fortes. *Oeste Comercial de Ferro e Aço*. <https://oestefer.com.br/em-destaque/ferro-conheca-a-historia-de-um-dos-minerais-mais-fortes> (extraída no dia 8 de março de 2023).

ROADMAP PARA A TRANSIÇÃO DIGITAL
DO SETOR DOS RECURSOS MINERAIS

www.shift2future.pt

SHIFT2 FUTURE

CONSÓRCIO



IAPMEI
Parcerias para o Crescimento



TECMINHO
UNIVERSIDADE DO MINHO INTERFACE



universidade
de aveiro



REPÚBLICA
PORTUGUESA

ECONOMIA E
TRANSIÇÃO DIGITAL



PROJETO CO-FINANCIADO POR:

COMPETE
2020

PORTUGAL
2020



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional