



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

Universidade do Porto

Postes Estruturais em Sistemas Compósitos Comparação de tecnologias

Inovação para Postes de matriz termoplástica (*towpreg*)

*Tese submetida à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau
de Mestre em Inovação*

Mestrado MIETE

José Carlos Lopes da Rocha Ferreira
Dezembro - 2009

***“Muere lentamente quien
no...arriesga lo cierto por
lo incierto para ir detrás de
un sueño...”***

Pablo Neruda

À minha mãe.

*À minha família, em especial ao Carlos e Rita Maria,
pelo tempo que deixamos de brincar juntos .*

Obrigado.

Agradecimentos

A realização do trabalho apresentado nesta dissertação não teria sido possível sem a colaboração de algumas pessoas e instituições, e a quem eu desejo exprimir o meu agradecimento.

Agradeço ao Professor Doutor António Torres Marques, ao Professor Doutor José Manuel Mendonça, meu orientador e co-orientador, respetivamente, por me terem apoiado este trabalho, e pelo apoio e disponibilidade que sempre demonstraram.

Agradeço ao Instituto de Engenharia e Gestão Industrial (INEGI), pelo apoio dado, e em particular à Unidade de Materiais e Estruturas Compósitas, pela disponibilidade na produção de protótipos. Ao PIEP pela cedência das instalações para filmagens. À UPIN e TecMinho, pelo apoio neste projeto.

Agradeço ao Dr. Jorge Baldaia, pelo incansável apoio prestado, na divulgação e acompanhamento, nas muitas visitas de investidores e empresas deste setor, que visitaram INEGI, para conhecerem a inovação Polight, ao longo destes 2 anos.

À Dr.^a Ana Martins, da FEUP, pelo apoio prestado na divulgação deste projeto.

Ao MIETE que me proporcionou esta oportunidade, em especial ao Diretor do Mestrado, Professor Doutor João José Pinto Ferreira.

Ao Dr. José Miguel Oliveira, pelo incentivo e apoio ao longo de todo este tempo, muito para além do âmbito académico.

Ao Eng. Milton Sousa, pelo incentivo na fase inicial deste projeto.

À EDP Distribuição e a todas as empresas que connosco colaboraram.

Agradecimento especial ao Professor Doutor João Francisco Silva, do ISEP, pelo apoio e acompanhamento nas muitas reuniões tidas com empresas e investidores.

Agradeço a todas as pessoas que trabalharam neste projeto e que me transmitiram sempre o entusiasmo necessário e que sempre acreditaram neste projeto, com especial relevo aos amigos, Mário Reis, José Maria Cardoso e José Vale.

A todos, pessoas e empresas, que de uma forma ou outra nos ajudaram a concluir esta etapa.

Resumo

Pretende-se com esta dissertação responder à questão, se a introdução no mercado dos postes, de um produto inovador, com base num sistema compósito, mais concretamente num compósito termoplástico reciclável, como o Twintex® ou o “towpreg”, para produção de postes para iluminação pública e para o transporte de energia elétrica, constituiria na realidade uma inovação e se essa inovação seria rentável economicamente e bem aceite pelo tecido empresarial desse mercado. Pretendemos, também dar alguma resposta às questões que se colocam quando se tenta empreender um produto que se diz radical em termos de mercado e que se apresenta como substituto dos produtos clássicos.

Não é nossa intenção discutir aqui a técnica de produção dos postes nem as características dos materiais que são usados para a produção dos produtos, dado que não possuímos os conhecimentos necessários para tal. Deixamos em aberto essa discussão aos especialistas na matéria.

Na primeira parte desta dissertação apresentamos um apanhado de opiniões de alguns especialistas na área dos materiais que estamos a tratar, com base em artigos e opiniões de técnicos de reconhecida reputação, sem contudo entrarmos em qualquer opinião crítica dado não ser esse o objetivo do trabalho. Nesta dissertação pretende-se apenas dar a conhecer as atuais tecnologias existentes no mercado e apresentar aquela que julgamos ser a tendência futura, que são os postes em sistema compósito reciclável, numa perspetiva técnico-económica.

Quando nos propusemos realizar este estudo sobre o empreendedorismo de um produto que se apresenta como inovador, colocamos inicialmente a hipótese de utilizar a patente nacional n.º 102494 “MÁQUINA PARA PRODUÇÃO EM CONTÍNUO DE MECHAS DE FIBRAS PRÉ-IMPREGNADAS COM TERMOPLÁSTICO EM PÓ”, pela qual se produz um semi-produto “towpreg” para estudo comparativo do nosso produto, o que constituiria uma inovação não só no produto mas também no material que o compunha.

No âmbito deste Mestrado foi por nós desenvolvida uma patente que se encontra pendente, “*Postes em Sistemas Compósito de Matriz Termoplástica dotados de inteligência artificial*”.

Neste documento foram analisadas as tecnologias reais em utilização nos mercados internacionais e foram comparadas as suas características técnicas, custos diretos e indiretos, tanto de aquisição como na sua implementação, a partir da simulação de um projeto de estabelecimento de uma nova linha de Média Tensão.

Nos capítulos iniciais apresentamos uma breve história, dos materiais usados para a fabricação de postes, para que o leitor tenha a perceção das suas características, mas sobretudo, da importância que cada um deles tem na história da economia mundial.

Para comparação das tecnologias iremos analisar os postes atualmente comercializáveis, postes produzidos em betão, metal, madeira e em sistemas compósito termoendurecíveis, com aplicações nos diversos mercados mundiais. Teoricamente simulamos o estudo referente a um hipotético poste em termoplástico.

Numa segunda parte desta dissertação, apresentamos uma visão crítica dos elementos essenciais de um Plano de Negócios, servindo-nos para o efeito do Plano de Negócios que venceu o prémio da IV edição BES Inovação.

Analisaremos o momento da conjuntura económica atual e o investimento em contra ciclo. Apresenta-se ainda uma visão crítica à visão economicista que muita das vezes o empreendedor não apresenta.

Analisaremos os dados recolhidos, durante os diversos processos de negociação efetuados, entre 2007 e 2009, com 35 empresas nacionais e internacionais.

Concluimos o trabalho, com análise do comportamento das empresas, investidores e capitais de risco, face à possibilidade de se empreender este projeto em conjunto com uma equipa multifuncional académica.

Abstract

The intention of this thesis is to answer the question whether the marketing of the lighting and power poles are an innovative product based on a composite system, specifically a recyclable thermoplastic composite, as Twintex™ or "towpreg" and if the innovation would be economically profitable and well accepted by the business sector of this market. We also wanted to give an answer to the questions that arise when trying to take a product that says radical in terms of market and poses as a substitute for traditional products. It is not our intention here to discuss the production technique of the posts or the characteristics of materials that are used for the production of products because we do not have the expertise to do so. We leave open the discussion to the experts.

In the first part of this thesis we present an overview of opinions of some specialists in the field of materials we are dealing with, based on articles and opinions of experts of recognized standing, without going into any critical opinion since this is not the objective of the study. This dissertation is intended simply to present the current technologies in the market that we feel should be the future trend, which are the lighting and power poles in recyclable composite system, in a technical-economic perspective.

When we propose to study the entrepreneurship of a product that is presented as innovative, in first place we try to study the possibility of using the national patent, No. 102,494 "MACHINE FOR THE PRODUCTION OF CONTINUOUS FIBER PRE-IMPREGNATED WITH THERMOPLASTIC POWDER" which is produced by a semi-product "towpreg" for comparative study of our product, which would be an innovation not only in product but also the material that he composed.

During our study we developed a patent pending, "Poles in systems thermoplastic composite matrix endowed with artificial intelligence."

In this thesis we analyzed the actual technologies in use in international markets and were compared to their technical characteristics, direct and indirect costs of both acquisition and in its implementation as a simulation of a project to establish a new line of medium voltage (15 kV). In the initial chapters, we present a brief history of the materials used for the manufacture of poles, so that the reader has the perception of their characteristics, but above all the importance that each has in the history of the world economy.

For comparison of the technologies, we will examine the currently market, poles made of concrete, metal, wood and thermoset composite systems, with applications in various markets worldwide. Theoretically we simulated a study on a hypothetical power pole produced with Twintex™.

In the second part of this thesis, we present a critical view of the essential elements of a Business Plan, serving us for the purpose of the business plan that won the IV edition of the BES Innovation.

We will review the actual economic conjuncture and the importance of the investment in cycle counter. We'll also present a critical economic point of view that often the entrepreneur does not have.

We will analyze the inputs collected, during the various negotiation processes carried out between 2007 and 2009, with 35 national and international companies.

We conclude the work, analyzing the behavior of companies, investors and venture capital, given the opportunity to undertake this project in conjunction with an all-academic team.

Índice

Índice	8
Símbolos Acrónicos	12
Capítulo I - Estado da Arte	15
Capítulo II - História dos postes	17
2.1 Postes, a inovação mais antiga da humanidade	17
2.1.2 Postes na Pré-História	17
2.1.3 O Poste como objeto de arte arquitetónica	19
2.1.4 O Poste ligado ao simbolismo	19
Capítulo III - Materiais e tecnologias	21
3 – Materiais; Considerações.	21
3.1 O Ferro	21
3.2 O betão	25
3.3 Sistemas compósitos	27
3.4 A madeira	33
Capítulo IV - Postes em betão armado	36
Capítulo V - Postes Metálicos	44
Capítulo VI - Postes de Madeira	47
Capítulo VII - Postes em sistemas compósitos de matriz polimérica	51
Capítulo VIII - Comparação técnico-económica das tecnologias	62
Capítulo IX – Empreender a inovação	67
Capítulo X - Plano de Negócios	77
10.1 O Plano de Negócios.	77
10.2 Técnicas para um Plano de Negócios.	80
10.3 Negociações	85
Capítulo XI - Financiamento	86
11.1 Estará o potencial cliente aberto a este tipo de inovação?	87
11.2 Análise dos dados	89
Capítulo XII - Conclusão	91

Índice de ilustrações

Ilustração 1 Menir dos Almendres, Évora, Portugal.....	17
Ilustração 2 Anta	18
Ilustração 3 Menires do período Neolítico.....	18
Ilustração 4 Cromeleque	18
Ilustração 5 Suporte de escultura	19
Ilustração 6 Oblisco de Luxor, Paris.....	19
Ilustração 7 Coluna Grega	19
Ilustração 8 A cruz	19
Ilustração 9 Poste como suporte de bandeira	20
Ilustração 10 Postes para Torres Eólicas	20
Ilustração 11 Jogo de futebol	20
Ilustração 12 Peça da Idade do Ferro	21
Ilustração 13 Construção da Torre Eiffel em 1889.....	23
Ilustração 14 Torre Eiffel em 2009	23
Ilustração 15 Estrutura metálica da Estátua da Liberdade	24
Ilustração 16 Produção de ferro até 1976, UK	24
Ilustração 17 Evolução da produção de aço na China desde 1980	24
Ilustração 18 Panteon de Roma	25
Ilustração 19 Aqueduto da Pont du Gard em Nimes.....	25
Ilustração 20 Barco em ferrocimento	26
Ilustração 21 Ponte da Arrábida.....	26
Ilustração 22 Tecnologia dos sistemas compósito	28
Ilustração 23 Twintex da Owens Corning.....	30
Ilustração 24 Torre em EXTERN (foto Strongwell)	31
Ilustração 25 Eixos ortogonais de simetria física da madeira	33
Ilustração 26 Tabela comparativa de materiais	34
Ilustração 29 Página do sítio da Cavan.....	37

Ilustração 27 Poste em duplo T, usado na Europa	37
Ilustração 28 Armação para postes de betão usada no Brasil	37
Ilustração 30 Tabela de postes normalizados Cavan	38
Ilustração 31 Vista de topo. Linha e poste de alinhamento.....	39
Ilustração 32 Vista de topo de um poste de Fim de Linha	40
Ilustração 33 Vista de topo de uma linha aplicada a um poste de ângulo.....	40
Ilustração 34 Furação de postes em betão tipo T	41
Ilustração 35 Esforços de um apoio MM06.....	42
Ilustração 36 Transporte de um poste de betão	43
Ilustração 37 Poste em degradação. Betão armado	43
Ilustração 38 EIP SA	44
Ilustração 39 Metalogalva	44
Ilustração 40 Apoio metálico tipo F.....	46
Ilustração 41 Poste de madeira.....	48
Ilustração 42 Teste a postes de madeira.....	48
Ilustração 43 Tratamento dos postes de madeira	49
Ilustração 44 Testes a postes em madeira	50
Ilustração 45 Poste em compósito	51
Ilustração 46 Processo de pultrusão	52
Ilustração 47 Esquema de pultrusão	52
Ilustração 48 Mandril	53
Ilustração 49 Aspeto de uma máquina de enrolamento filamentar	53
Ilustração 50 Arvoreamento de um poste em compósito	54
Ilustração 51 Ligação de um poste em compósito.....	55
Ilustração 52 Poste SE28	56
Ilustração 53 Transporte terrestre	56
Ilustração 54 Transporte aéreo	56
Ilustração 55 Postes Shakespeare	57
Ilustração 56 Situação adversa.....	57

Ilustração 57 Poste para energia Shakespeare	57
Ilustração 58 Poste tipo H	57
Ilustração 59 Tabela dos esforços admissíveis – Referência, Shakespeare Poles	58
Ilustração 60 Tabela de características	59
Ilustração 61 Transporte de poste a local de difícil acesso	59
Ilustração 62 Choque contra apoio em compósito	59
Ilustração 63 Projecto Polight	60
Ilustração 64 Testes INEGI	60
Ilustração 65 Produção do towpreg U.Minho	60
Ilustração 66 Esquema do poste da patente pendente	61
Ilustração 67 Simulação de obra de MT	63
Ilustração 68 Simulação de obra de MT (continuação)	64
Ilustração 69 Tabela de comparação de custos	65
Ilustração 70 Comparação de custos betão/compósito	65
Ilustração 71 Tabela comparativa das tecnologias em estudo	66
Ilustração 72 Slide em Power Point	67
Ilustração 73 Combinações produto vs mercado	70
Ilustração 74 Projecto Polight	76
Ilustração 75 As 5 forças de Porter	81
Ilustração 76 Análise SWOT	81
Ilustração 77 Plano de Negócio	84
Ilustração 78 Fontes de financiamento	86
Ilustração 79 Capital de Risco	87
Ilustração 80 Resultados das relações com empresas Distribuidoras	88
Ilustração 81 Resultados das negociações com empresas do setor	89
Ilustração 82 Análise dos resultados. Grau de importância	89

Símbolos Acrónicos

AT – Alta Tensão

MT – Média Tensão

BT – Baixa Tensão

IP – Iluminação Pública

CM – Compósito Metálico

N - newton

M – metro

J - joule

mm- milímetro

AA – alumínio-aço

FV – Fibra de Vidro

PR - Poliéster Reforçado

Lbs – libras

Ft – pés (*feet*)

In – polgadas (inches)

PET - politereftalato de etileno

PE – polietileno

PP – polipropileno

PVC - policloreto de Vinilo

PTFE – politetrafluor etileno

Introdução

Os postes são das tecnologias mais básicas, mas mais utilizadas no nosso planeta. Desde sempre o homem usou-os como forma de proteção dos seus haveres.

Ao longo da história os postes têm vindo a ter um papel de suporte, seja na arquitetura, sinalética ou como elevação de outras tecnologias. Hoje em dia, quase sempre ligamos os postes ao suporte de luminárias, que no conjunto formam os candeeiros de iluminação pública (IP) e no suporte de linhas de transmissão de energia elétrica de Baixa Tensão (BT), Média Tensão (MT) e de Alta e Muito Alta Tensão (AT e MAT).

As tecnologias usadas para o fabrico de postes são as que menos sofreram inovações desde a pré-história. Os postes continuam a ser produzidos com base nas matérias-primas naturais, como a madeira e o ferro e mais recentemente assistimos a uma evolução para o betão e aço, sendo que, a partir dos anos 60 do século passado, surgiram postes em sistemas compósitos não recicláveis (termoendurecíveis), em especial no continente americano. Nesta dissertação procuraremos dar resposta à possibilidade de se produzir postes em sistemas compósitos recicláveis, com base numa matriz termoplástica, como alternativa às tecnologias atualmente existentes e estudar a reação do mercado sob um ponto de vista empreendedor. Será bem acolhida uma inovação vinda do meio académico para o exterior?

Tem-se assistido a um crescendo continuado na substituição do ferro, aço, madeira e betão, por sistemas compósitos. A título de exemplo, as embarcações, que inicialmente eram totalmente em madeira, foram dando lugar ao ferro, aço e ao betão armado. Hoje em dia, são frequentes as embarcações totalmente construídas em poliéster reforçado com fibra de vidro ou em outros sistemas compósitos. Este material de engenharia está a impor-se no mercado da aeronáutica e do setor automóvel e também com penetrações muito significativas no setor da construção.

No Mercado global, os sistemas compósitos, ainda só representam uma fatia de 1,5% em comparação com os seus produtos substitutos. Desta forma constituem uma excelente oportunidade de negócio para os empreendedores.

O projeto Polight foi apresentado como uma inovação radical, ao introduzir a ideia de colocar um sistema de inteligência artificial, baseado em sensores com transmissão por GPRS – “*General packet radio servisse*”, nos postes em termoplástico.

O que se geralmente se assiste, em matéria de inovação, é a introdução nos mercados de produtos ou serviços inovadores que advêm de empresas já atuantes nesses mesmos mercados. Temos lido e assistido a críticas generalizadas provenientes das empresas e mesmo até da opinião pública em geral, através da imprensa, que as universidades têm desenvolvido estudos científicos e tecnologias, mas que pouco têm contribuído para o “mundo do trabalho”, já que são raras as *spin-offs* ou *start-ups* que saem das universidades para o mercado e as que têm conseguido geralmente não obtêm o apoio técnico desejado das instituições académicas.

A segunda parte desta dissertação é dedicada ao empreendedorismo. Quisemos conhecer a reação do mercado e das empresas, com o anúncio de uma *start-up*, saída do MIETE, para produção e comercialização desta tecnologia inovadora, que ameaçava a estabilidade do atual mercado dos postes, na sua generalidade.

Já lá vai o tempo em que as boas ideias não tinham de prestar provas. Neste início de século deparamo-nos com uma crise económica, consequência de uma crise social global, derivada do medo e da incerteza do futuro próximo. As notícias diárias de ameaças de terrorismo, pandemias, desemprego, guerras, fazem com que a economia se retraia e os investidores receiem o dia de amanhã. Durante o nosso trabalho de “campo”, pudemos apurar, como veremos, que esta não é a principal razão para que não surjam produtos e serviços inovadores.

Aliás a fórmula para se ultrapassar estas adversidades, será mesmo apostar no empreendedorismo, na inovação, procurar a mudança, não só nos produtos e serviços, mas também nas atitudes e modos de pensar. Quando pretendermos empreender algo, teremos obrigatoriamente de pensar no mercado global, pois não cremos que tão cedo se possa assistir ao regresso de economias fechadas ou semifechadas.

Empreender significa tomar as adversidades como oportunidades, acreditar nas capacidades e expor-se ao risco como se da sua sobrevivência se tratasse. No entanto, o risco tem de ser calculado e mensurado. É necessário ter Planos de Negócios adaptados às estruturas políticas, sociais, culturais e económicas, dos mercados em que se pretende avançar com um projeto, sendo este posicionamento um fator essencial ao sucesso de um produto.

Capítulo I - Estado da Arte

Nesta dissertação pretende-se estudar a capacidade técnica de produção para fins comerciais de postes em termoplástico, produzido a partir do Twintex™ dotado ainda de sensores e tecnologias capazes de comunicar com o utilizador à distância.

Neste momento, foram feitos alguns tubos por técnica de enrolamento filamentar, no INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, mas de comprimento reduzido (dois metros), dado a maquinaria existente nesse instituto. Estes ensaios não constituíram elementos capazes para se poder avaliar o seu comportamento mecânico, como se pretenderia. Para desenvolver este trabalho, fizemos fé nos compromissos apresentadas por esta instituição e pelos seus técnicos de reputação internacional que lá trabalham, para o desenvolvimento dos projetos de postes em termoplástico destinados à iluminação pública e transporte de energia elétrica, de acordo com as gamas utilizadas comercialmente e homologadas pelas instituições competentes.

Quanto ao Plano de Negócios, este encontra-se totalmente desenvolvido, com os mercados dos postes estudados por segmentos, postes de distribuição, postes para iluminação, postes para pequenas aplicações, tais como cercados, entre outros produtos de pequenas dimensões, inclusive perfis para a construção.

Desenvolvemos várias versões de Plano de Negócios, dado pretender-se estudar a reação a este produto no mercado global, constituído por vários mercados locais e particulares, com as características próprias inerentes a cada região onde se pretenderia atuar.

As necessidades de postes em África não são as mesmas que na Europa ou na América. O próprio relevo do terreno, a densidade populacional e suas culturas, são fatores determinantes, para que a altura e formas dos postes a colocar em África, não sejam as mesmas que na Europa, por exemplo. Com base em estudos dos mercados locais, desenvolvemos planos estratégicos diferentes, adaptados às circunstâncias daquilo que poderia ser a procura. Para esse estudo, contamos com o apoio de empresas locais ligadas a este segmento de mercado, que nos transmitiram as suas reais necessidades.

Encontram-se concluídos os estudos económicos, para validar o preço de entrada deste novo produto, com base nos custos da matéria-prima e dos meios técnicos necessários à sua

produção. Para isso contamos com apoio das empresas norte americanas, Shakespeare Poles e da Strongwell. Foram igualmente consultadas empresas que atuam no mercado global, algumas em 4 continentes, para se validar o interesse neste produto.

Foi aprovado o Plano Estratégico de Negócios, pelo IAMPEI - QREN 2007/2013 - Inovação em Empreendedorismo Qualificado, o que veio reforçar a validação deste Plano de Negócios, através da candidatura 2009/5001.

Foi igualmente validado o Plano de Negócios através da submissão do Projeto Polight- Postes em Sistemas Compósito nos concursos realizados, IV edição do BES Inovação 2008, com a atribuição do 1º prémio em Processos Industriais, no Prémio START 2008 o projeto Polight ficou entre os 8 finalistas dos 500 concorrentes, este foi um dos 4 projetos pré-selecionados para o Barcelona HIT'09.

Capítulo II - História dos postes

2.1 Postes, a inovação mais antiga da humanidade

Começamos este capítulo pela definição de poste (dicionário da língua portuguesa),

Definição: do Lat. poste

s. m.,

pau fixado verticalmente no chão;

pilar;

esteio;

coluna;

ant.,

coluna a que se ligavam os criminosos, expondo-os à ignomínia pública.

2.1.2 Postes na Pré-História



Ilustração 1 Menir dos Almendres, Évora, Portugal.

Desde o início da humanidade que o homem usa algo para elevar e suportar bens, de forma a torná-los inacessíveis aos restantes animais, protegendo assim as suas peças de caça (primeiros postes).

Para além da utilidade pessoal que o poste conferia ao homem Pré-Histórico, esta tecnologia servia para culto e marcação de terrenos. Para erigir seus monumentos, os homens da época pré-histórica provavelmente começaram por levantar uma coluna, em honra de um Deus ou de um acontecimento importante, segundo [1] a

maioria dos historiadores relacionam o seu aparecimento com:

- Culto da fecundidade (menir isolado)
- Marcos territoriais (menir isolado)
- Orientadores de locais (menires isolados e em linha)
- Santuários religiosos (menires em círculo)

Esses monumentos pré-históricos, referenciados nas ilustrações de um a três, eram pedras cravadas verticalmente no solo, às vezes bastante grandes (megalito, denominado menir). Pelo peso dessas pedras, algumas de mais de três toneladas, acredita-se que não poderiam ter sido transportadas sem o conhecimento da alavanca [2].

Estas pedras (menires, ilustrações 1 e 3) deram origem às colunas. Mais tarde percebeu-se que, usando três elementos, era possível construir, como poderemos ver na ilustração 2. Assim nasceu o dólmen (Bretão *dol* = mesa, *men* = pedra), em forma de mesa, ou o trilito (três pedras), formado por duas colunas que apoiavam uma arquitrave. Uma série de trilitos fez a colunata. Estas primeiras construções nada mais eram que o recurso a postes rudimentares.



Ilustração 3 Menires do período Neolítico



Ilustração 2 Anta



Ilustração 4 Cromeleque

Anta de planta longitudinal, composta por câmara funerária com planta poligonal centralizada e corredor com planta retangular oblonga

Cromeleque ou **cromlech** (ilustração 4) é o conjunto de diversos menires dispostos em um ou vários círculos, em elipses, em retângulos, em semicírculo ou ainda estruturas

mais complexas como o cromeleque dos Almendres. O termo está praticamente obsoleto em arqueologia, mas permanece em uso como uma expressão coloquial.

Trata-se de monumentos da pré-história, estando associados ao culto dos astros e da natureza, sendo considerados um local de rituais religiosos e de encontro tribal.

2.1.3 O Poste como objeto de arte arquitetónica

Nas ilustrações 5, 6 e 7 em baixo, poderemos ver, pela definição de poste, algumas aplicações em que esta tecnologia assume uma forma de arte, não sendo só um mero suporte de objeto ou tecnologias.



Ilustração 5 Suporte de escultura



Ilustração 6 Oblisco de Luxor, Paris



Ilustração 7 Coluna Grega

2.1.4 O Poste ligado ao simbolismo

O poste que suporta uma travessa a três quartos do seu comprimento, designado por cruz, tornou-se no maior símbolo da humanidade.



Ilustração 8 A cruz

De acordo com [3], a palavra cruz, em grego *staurós*, designa o poste, o pau cravado verticalmente no chão, essa espécie de coluna à qual se prendiam os criminosos, expondo-os a ignomínia pública. A mesma raiz forma a palavra latina *stipes crucis* – o tronco da cruz. Em latim, a palavra *stipes* significa o tronco da árvore ou ainda estaca pontiaguda. No *staurós* era colocada madeira transversal dos suplicados, que Jesus carregou nos ombros.

É possível detetar a presença da cruz, seja de forma religiosa, mística

ou esotérica, na história de povos distintos (e distantes) como os egípcios, celtas, persas, romanos, fenícios e índios americanos. A ilustração 8 representa o ato da crucificação de Cristo.

O modelo básico traz sempre a intersecção de dois eixos opostos, um vertical e outro horizontal que representam lados diferentes como o Sol e a Lua, o masculino e o feminino e a vida e a morte, por exemplo.

É a união dessas forças antagónicas que exprime um dos principais significados da cruz, que é o do choque de universos diferentes e seu crescimento a partir de então, traduzindo-a como um símbolo de expansão.



Ilustração 9 Poste como suporte de bandeira

Ainda segundo [3], ao situar-se no centro místico do cosmos, a cruz assume o papel de ponte através da qual a alma pode chegar a Deus. Dessa maneira, ela liga o mundo celestial ao terreno através da experiência da crucificação, onde as vivências opostas encontram um ponto de intersecção e atingem a iluminação.

Na ilustração 9 vemos os seis soldados que levantaram a bandeira americana no topo do monte Suribachi na ilha de Iwo Jima, uma histórica fotografia que foi usada como uma falsa manobra de esperança como símbolo de vitória pelo governo americano [4].



Ilustração 10 Postes para Torres Eólicas

Atualmente os postes assumem-se como tecnologias secundárias de suporte a tecnologias principais de utilização (especialmente, luminárias e linhas de transporte de energia, ou pás para produção de energia eólica, tal como os representados na ilustração 10).



Ilustração 11 Jogo de futebol

As principais utilizações atuais dos postes estão ligadas, de uma forma ou de outra à energia. Como suporte de todo o tipo linhas de transporte de energia, como suporte de pás para a energia eólica, como suporte de luminárias, denominando-se esta última utilização por candeeiros e ainda como centro de emoções, como no caso do desporto, quando a bola embate no poste (ilustração 11).

Capítulo III - Materiais e tecnologias

3 – Materiais; Considerações.

3.1 O Ferro



Ilustração 12 Peça da Idade do Ferro

A importância do ferro.

Tem-se indícios do uso de ferro, seguramente procedente de meteoritos, quatro milénios a.C., pelos sumérios e egípcios.

Objetos de ferro, datados entre o segundo e terceiro milénio antes de Cristo, foram encontrados (estes distinguem-se do ferro proveniente dos meteoritos pela ausência de níquel) na Mesopotâmia, Anatólia e Egito. Entretanto, seu uso provável destinou-se a fins cerimoniais, por ter sido um metal muito caro, mais do que o ouro na época. Algumas fontes [5] sugerem que talvez o ferro tenha sido obtido como subproduto da obtenção do cobre.

Entre 1600 e 1200 a.C., observou-se um aumento de seu uso no Médio Oriente, mas não como substituto ao bronze.

Entre os séculos XII e X antes de Cristo, ocorreu uma rápida transição no Médio Oriente na substituição das armas de bronze por ferro. Esta rápida transição talvez tenha ocorrido devido a uma escassez de estanho, e devido a uma melhoria na tecnologia em trabalhar com o ferro.

Este período, que ocorreu em diferentes ocasiões, segundo o lugar, denominou-se **Idade do ferro**, substituindo a Idade do bronze. Na Grécia iniciou-se por volta do ano 1000 a.C., e não chegou à Europa ocidental antes do século VII a.C. A substituição do bronze pelo ferro foi paulatina, pois era difícil produzir peças de ferro: localizar o mineral, extraí-lo, proceder à sua fundição a temperaturas altas e depois forjá-lo.

Na Europa Central, surgiu no século IX a.C. a "cultura de Hallstatt" substituindo a "cultura dos campos de urnas", que se denominou "Primeira Idade do ferro", pois coincide com a introdução do uso deste metal. Cerca do ano 450 a.C., ocorreu o desenvolvimento da "cultura da Tène", também denominada "Segunda Idade do ferro". O ferro era usado em ferramentas, armas e joias.

Junto com esta transição de bronze para o ferro descobriu-se o processo de "carburação", que consiste em adicionar carbono ao ferro. O ferro obtido era misturado com a escória contendo carbono, seguidamente era forjado retirando-se a escória e oxidando o carbono, criando-se assim o produto já com uma forma. Este ferro continha uma quantidade de carbono muito baixa, não sendo possível endurecê-lo com facilidade ao esfriá-lo em água. Observou-se que se podia obter um produto muito mais resistente aquecendo-se a peça de ferro forjado num leito de carvão vegetal, para então submergi-lo na água ou óleo. O produto resultante apresentava uma camada superficial de aço, menos duro e mais frágil que o bronze.

Na China, o primeiro ferro utilizado também era proveniente dos meteoritos. Foram encontrados objetos de ferro forjado no noroeste, perto de Xinjiang, do século VIII a.C.. O procedimento utilizado não era o mesmo que o usado no Médio Oriente e na Europa.

Nos últimos anos da Dinastia Zhou (550 A.C.), na China, conseguiu-se obter um produto resultante da fusão do ferro (ferro fundido). O mineral ali encontrado apresentava um alto conteúdo de fósforo, com o qual era fundido em temperaturas menores que as aplicadas na Europa e em outros lugares. Todavia, durante muito tempo, até a Dinastia Qing (221 a.C.), o processo teve uma grande repercussão.

O ferro fundido levou mais tempo para ser obtido na Europa, pois não se conseguia a temperatura necessária. Algumas das primeiras amostras foram encontradas na Suécia, em Lapphyttan e Vinarhyttan, de 1150 a 1350 d.C.

Na Idade Média, e até finais do século XIX, muitos países europeus empregavam como método siderúrgico a "farga catalana". Obtinha-se ferro e aço de baixo carbono empregando-se carvão vegetal e o minério de ferro. Este sistema já estava implantado no século XV,

conseguindo-se obter temperaturas até 1200 °C. Este procedimento foi substituído pelo emprego de altos-fornos.

No princípio usava-se carvão vegetal para a obtenção de ferro como fonte de calor e como agente redutor. No século XVIII, na Inglaterra, o carvão vegetal começou a escassear e a tornar-se caro, iniciando-se a utilização do coque, um combustível fóssil, como alternativa. Foi utilizado pela primeira vez por Abraham Darby, no início do século XVIII, construindo em Coalbrookdale um "alto-forno". Mesmo assim, o coque só foi empregado como fonte de energia na Revolução industrial. Neste período a procura foi-se tornando cada vez maior devido a sua utilização, como por exemplo, em caminhos-de-ferro [6].

O alto-forno foi evoluindo ao longo dos anos. Henry Cort, em 1784, aplicou novas técnicas que melhoraram a produção. Em 1826 o alemão Friedrich Harkot construiu um “alto-forno”.

Em finais do século XVIII e início do século XIX começou-se a empregar amplamente o ferro como elemento estrutural em pontes, edifícios e outros. Entre 1776 e 1779 construiu-se a primeira ponte de ferro fundido por John Wilkinson e Abraham Darby. Na Inglaterra foi empregado pela primeira vez o ferro na construção de edifícios por Mathew Boulton e James Watt, no princípio do século XIX. Também são conhecidas outras obras deste século, como por exemplo, o **Palácio de Cristal** construído para a Exposição Universal de 1851 em Londres, obra de Sir Joseph Paxton, que tem uma armação de ferro, ou a **Torre Eiffel**, em Paris, construída em 1889 para a Exposição Universal (ilustração 13), onde foram utilizadas milhares de toneladas de ferro. Volvidos 120 anos da sua construção (ilustração 14), ainda continua a ser uma das mais belas e grandiosas obras em ferro.



Ilustração 13 Construção da Torre Eiffel em 1889



Ilustração 14 Torre Eiffel em 2009

Estávamos na época da Industrialização, as necessidades surgidas com esta revolução, faz com surja o capítulo mais original da arquitetura no Sec XIX, a **Arquitetura do Ferro**. Distinguiu-se nesta época Gustave Eiffel, com a Torre Eiffel, a estrutura da Estátua da

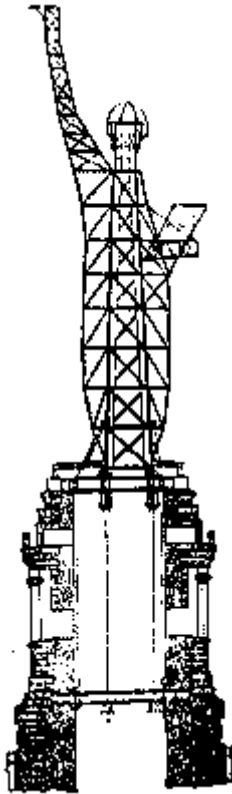


Ilustração 15 Estrutura metálica da Estátua da Liberdade

Liberdade, que a França ofereceu aos Estados Unidos (ilustração 15), deixando diversas obras em Portugal, aonde chegou mesmo a ter casa em Barcelos, entre 1875 e 1877 para acompanhar a construção da Ponte Maria Pia, sendo que Eiffel sempre considerou a Ponte rodoferroviária de Viana do Castelo, como uma das suas obras-primas.

O século XX ficou marcado pelas construções em altura, pontes, automóveis, todo o tipo de utensílios, armamento, navios e a continuada expansão do caminho-de-ferro, são alguns dos exemplos que ainda continuam em uso neste novo século.

A indústria do ferro conheceu a partir de finais do século XIX, com a Revolução Industrial e início do século XX (ilustração 16) uma produção sem igual.

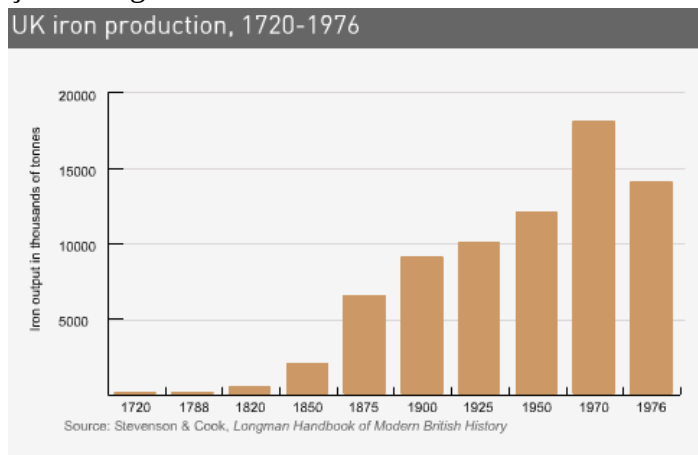


Ilustração 16 Produção de ferro até 1976, UK

*fonte: ipo.nasdaq.com

Em 2004, os cinco maiores países produtores de ferro eram a China (ilustração 17), o Brasil, a Austrália, a Índia e a Rússia, com 74% da produção mundial.



Fonte:
Stevenson
& Cook,
Longman
Handbook
of Modern
British
History

Ilustração 17 Evolução da produção de aço na China desde 1980

O ferro é o metal mais usado, com 95% em peso da produção mundial de metal. É indispensável devido ao seu baixo preço e dureza, especialmente empregado em automóveis, barcos e componentes estruturais de edifícios. O aço é a liga metálica de ferro mais conhecida, sendo este o seu uso mais frequente.

3.2 O betão

O betão e as argamassas são utilizados como materiais de construção há milhares de anos, sendo então produzidos pela mistura de argila ou argila margosa, areia, cascalho e água. Há registos de que os materiais eram, quando necessário, transportados a distâncias de centenas de quilómetros, como é o exemplo de um pavimento de betão simples datado de 5600 AC em LepenskiVin [7].



Ilustração 18 Panteon de Roma

Nas antigas civilizações estes materiais eram utilizados essencialmente em pavimentos, paredes e fundações. Os Romanos exploraram as possibilidades deste material com mestria em diversas obras – casas, templos, pontes e aquedutos, muitos dos quais chegaram aos nossos dias e são exemplos do elevado nível atingido pelos construtores Romanos [8]. A título de exemplo podemos referir o **Panteon de Roma** (com uma cúpula de 50m de diâmetro, de betão de inertes leves, realizado no ano 127 d.C. (Ilustração 18) e o Aqueduto da Pont du Gard em Nimes que podemos ver na ilustração 19 que foi construído em 150 d.C. no qual se utilizou o betão no canal de água e no interior do forro das cantarias.



Ilustração 19 Aqueduto da Pont du Gard em Nimes



Há

registos, segundo [9], de que os Romanos fizeram tentativas para armarem o betão com cabos de bronze, experiências não bem-sucedidas devido aos diferentes coeficientes de dilatação térmica do bronze e do betão. Posteriormente e até ao século XVIII, o betão tem uma utilização reduzida, quase exclusivamente limitada às fundações e ao interior de paredes de alvenaria. É com o desenvolvimento da produção e estudo das propriedades do cimento que culminou com a aprovação da patente do cimento **Portland** (nome dado por a cor do cimentos ser parecida com a da rocha Portland) apresentada por Joseph Aspdin em Leeds em 1824 que se vai dar o grande desenvolvimento na aplicação do betão nas construções. Em 1885 concebem-se os fornos rotativos (Frederick Ransome) que permitiriam baixar substancialmente o preço do cimento [10]. Em Portugal, a Indústria do cimento inicia-se em 1894 com a fábrica de cimento Tejo em Alhandra. As utilizações do betão ganham então nova dinâmica, não só em fundações como em pavimentos térreos e paredes, estas com uma textura concebida de forma a imitar a pedra (Osborn House em 1845, Axmouth Bridge em 1877, Sway Tower com 66m de altura em 1885). As primeiras referências ao betão armado datam de 1830 [11]. No entanto, o barco em *ferrocimento* realizado pelo francês Jean-Louis Lambot em 1848 é reconhecido como a obra mais antiga de betão armado ainda existente. Este barco foi apresentado na célebre Exposição Universal de Paris de 1855 e felizmente está ainda preservado até aos nossos dias, retratado na ilustração 20.

Em Portugal é de referir a primeira ponte totalmente em betão, inaugurada em 1963, a Ponte da Arrábida (ilustração 21).



Ilustração 21 Barco em ferrocimento



Ilustração 20 Ponte da Arrábida

Para obtenção de um bom betão de acordo com sua finalidade, devem ser efetuadas com perfeição as operações básicas de produção do material, que influem nas propriedades do betão endurecido.

As operações básicas de produção do betão são:

- Dosagem: Estudo, indicação das proporções e quantificação dos materiais componentes da mistura, a fim de obter um betão com determinadas características previamente estabelecidas.
- Mistura: Dar homogeneidade ao betão, isto é, fazer com que ele apresente a mesma composição em qualquer ponto de sua massa.
- Transporte: Levar o betão do ponto onde foi preparado ao local onde será aplicado, podendo ser dentro da obra ou para ela, quando misturado em fábrica ou fora dela.
- Lançamento: Colocação do betão no local de aplicação. Começa a endurecer após quatro horas da adição da água.
- Adensamento: Compactação da massa de betão, procurando retirar-se dela o maior volume possível de vazios - ganho de resistência. Usa-se vibrar a massa com vibradores mecânicos, devendo-se evitar o excesso.
- Cura: Conjunto de medidas com o objetivo de evitar a perda de água (evaporação) pelo betão nos primeiros dias de idade. A água é necessária para reação com o cimento (hidratação). Utilizam-se mantas de feltro molhadas com água. Em climas muito frios aquecem com vapor. Normalmente a resistência de projeto é atingida após vinte e oito dias da aplicação.

3.3 Sistemas compósitos

Definir compósito

Compósito é basicamente um sistema [12], em cuja composição entram dois ou mais tipos de materiais diferentes, com efeitos sinérgicos. Alguns exemplos são metais e polímeros, metais e cerâmicas ou polímeros e cerâmicas [13]. Os sistemas compósitos classificam-se quanto à matriz em matriz polimérica, matriz metálica e matriz cerâmica (ilustração 22).



Ilustração 22 Tecnologia dos sistemas compósito

Os materiais que podem compor um **sistema compósito** podem ser classificados em dois tipos, de acordo com [14,15]: matriz e reforço.

A matriz é o que confere estrutura ao material compósito, preenchendo os espaços vazios que ficam entre os materiais reforços e mantendo as suas posições relativas.

Os materiais de reforço são os que realçam propriedades mecânicas, eletromagnéticas ou químicas do material compósito como um todo.

Pode ainda surgir uma sinergia entre material matriz e materiais reforços que resulte, no **sistema compósito** final, em propriedades não existentes nos materiais originais [15]. O semi-produto em questão é um compósito de matriz polimérica. Apresentamos em baixo as características que consideramos mais relevantes.

Compósito de matriz polimérica

- Matriz constituída por um polímero
- Matriz termoplástica ou termoendurecível
- Baixa densidade e fácil processamento dos polímeros
- Atualmente são as mais importantes em termos de desempenho e campo de aplicações
- Dos três tipos de compósitos os poliméricos são os mais fáceis de processar
- Excelente resistência mecânica dada pelo reforço
- Facilidade de pigmentação para obtenção de cor.

A título de curiosidade já antigas civilizações utilizavam compósitos (palha+barro) na produção de tijolos.

Existe uma grande diversidade de fabricos em sistemas compósitos, que vão desde os compósitos ditos de «grande difusão» até aos componentes de indústria aeroespacial de elevado desempenho mecânico e termo-mecânico [37].

Dado que os sistemas compósitos envolvem dois ou mais materiais diferentes, as técnicas de cálculo e processamento são bastante diferentes daquelas utilizadas para os metais.

É função do técnico de engenharia selecionar as técnicas de processamento e as condições de processo adequadas para ir de encontro ao desempenho, ritmo de produção e requisitos de custo de uma aplicação. O técnico deve tomar decisões informadas quanto à seleção do processo para obter o máximo, com o mínimo de recursos. Para isso, os técnicos devem ter um bom conhecimento dos benefícios e limitações de cada processo [38].

Dos sistemas compósitos, realçamos os de matriz termoendurecível e os de matriz termoplástica.

São ainda compósitos naturais, a madeira e o corpo humano.

A tendência atual é produzir sistemas compósitos com base em fibras naturais, conseguindo-se produtos 100% recicláveis [39] e facilmente degradados pela natureza, em caso de não reaproveitamento. No entanto, ainda não foi conseguida uma fórmula capaz de apresentar uma rigidez que possa substituir os materiais clássicos, como o ferro, madeira e betão.

Polímeros

Denominam-se polímeros as moléculas muito grandes formadas por unidades moleculares que se repetem, denominados monómeros [16,17].

A reação pela qual os monómeros se unem para formar o polímero recebe o nome de polimerização.

Existem muitos **polímeros naturais**. Assim, por exemplo e de acordo com [18] a **celulose** é um polímero da glucose que se encontra nas plantas. A nitratação parcial da celulose com uma mistura dos ácidos nítricos e sulfúricos concentrados e o posterior tratamento do produto obtido com cânfora, origina a celuloide, que é o primeiro plástico de importância comercial, usado para películas fotográficas e de cinema.

Os polímeros de estrutura tridimensional formam moléculas rígidas de pesos moleculares não muito altos que produzem substâncias duras, denominadas **resinas** [19].

Polímeros termoplásticos (Polímeros de adição[20])

Termoplástico é um dos tipos de plásticos mais encontrados no mercado. Pode ser fundido diversas vezes, alguns podem até dissolver-se em vários solventes. Assim, a sua reciclagem é possível, característica bastante desejável atualmente, como refere [21]. A uma dada temperatura, apresenta alta viscosidade podendo ser conformados e moldados, segundo [22,23]. Exemplos de termoplásticos são o polipropileno, polietileno, o PVC, entre outros.

Polímeros termoendurecíveis

São rígidos e frágeis, sendo muito estáveis a variações de temperatura [24]. Uma vez prontos, não mais se fundem [25]. O aquecimento do polímero acabado provoca a decomposição do material antes de sua fusão, tornando sua reciclagem complicada [26].

Reciclagem

Alguns polímeros, como termoendurecíveis e borrachas, não podem ser reciclados de forma direta, pois não existe uma forma de refundi-los. A sua reciclagem é possível a partir da trituração dos materiais que em junção com outros, darão origem a novos produtos [27].

Na maioria das vezes a reciclagem de termoplásticos não é economicamente viável devido ao seu baixo preço e baixa densidade. Somente plásticos consumidos em massa, como o PE e PET, apresentam bom potencial económico [28]. Outro problema, segundo [29] é o facto de os plásticos reciclados serem encarados como material de segunda classe.

Quando a reciclagem não é possível, a alternativa é queimar os plásticos, transformando-os em energia. Porém, os que apresentam halogéneo, como o PVC e o PTFE geram gases tóxicos na queima [30]. Para que isso não ocorra esse material deve ser encaminhado para tratamento antes da queima.

3.3.1 Os semi-produtos towpreg e Twintex™



Ilustração 23 Twintex da Owens
Corning

Para produção destes semi-produtos, que são os que consideramos no nosso estudo para produção de postes, é utilizada uma matriz termoplástica, o polipropileno (PP) e um material reforço, a fibra de vidro (PRFV).

A vantagem do “towpreg” relativamente ao Twintex™ (ilustração 23), reside no facto do primeiro utilizar fibras contínuas [31] e o segundo utilizar no seu processo de fabrico fibras

curtas. O que significa, segundo um dos investigadores da patente desenvolvida pelo INEGI e Universidade do Minho, Professor João Francisco, que a reciclagem de um produto fabricado a partir deste semi-produto é vantajosa, dado que após a trituração do produto final com vista à sua reciclagem, obtém-se ainda um semi-produto de primeira.

A fibra de vidro

É um material composto da aglomeração de finíssimos filamentos de vidro, que não são rígidos, altamente flexíveis, cerca de 90% da sua composição é sílica [32]. Quando adicionado à resina poliéster (ou outro tipo de resina), transforma-se em um composto popularmente conhecido como “*Fibra de Vidro*”, mas na verdade o nome correto é PRFV, ou seja, "Plástico Reforçado com Fibra de Vidro" [33].

O PRFV tem alta resistência à tração, flexão e impacto, sendo muito empregue em aplicações estruturais [34]. É leve e não conduz corrente elétrica, sendo utilizado também como isolante estrutural [35]. Permite ampla flexibilidade de projeto, possibilitando a moldagem de peças complexas, grandes ou pequenas, sem emendas e com grande valor funcional e estético.

Não enferruja e tem excecional resistência a ambientes altamente agressivos aos materiais convencionais. A resistência química da fibra de vidro é determinada pela resina e construção do laminado. Pode ser produzido em moldes simples e baratos, viabilizando a comercialização de peças grandes e complexas, com baixos volumes de produção. Mudanças de projeto são facilmente realizadas nos moldes de produção, dispensando a construção de moldes novos. Os custos de manutenção são baixos devido à alta inércia química e resistência às intempéries, inerente ao material [36].

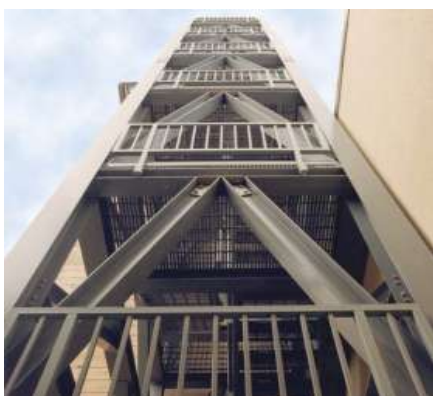


Ilustração 24 Torre em EXTERN (foto Strongwell)

Hoje em dia já é possível encontrarmos compósitos capazes de substituir o ferro e o betão na construção como o *EXTERN* (um termoendurecível) da Strongwell, como poderemos ver na ilustração 24 uma torre totalmente em fibra de vidro em Ft. Story Army Base, Virginia Beach, Virginia (www.strongwell.com).

As características dos modelos estruturais de fibra de vidro são facilmente traduzidas em benefícios para o utilizador [40]:

- Resistente à Corrosão
- Baixa Condutividade — Térmica e Elétrica
- Não Magnético — Transparência Eletromagnética
- Baixo Peso — Pesa 80% menos do que o Aço
- Alta Resistência
- Estabilidade Dimensional
- Pouca Manutenção
- Cores Personalizáveis

Fatores Críticos:

1. Comportamento mecânico de compósitos poliméricos segundo a orientação do reforço

De acordo com [41], as vantagens proporcionadas pelos compósitos poliméricos quando comparadas aos principais materiais de engenharia têm contribuído para ampliar e expandir sua utilização, inclusive em aplicações antes reservada aos metais. Contudo, as propriedades mecânicas do material são fortemente dependentes da orientação das fibras em relação à direção do esforço aplicado. A determinação do ângulo de enrolamento no caso da produção de postes, especialmente aqueles a que se destinam ao transporte de energia, é extremamente importante de forma que a flecha do poste, devido às forças das linhas, seja a mínima possível e respeita a flecha máxima admissível, de modo a não colocar em risco o afastamento exigido entre as linhas a meio do vão, que será a situação mais desfavorável.

2. Comportamento perante o fogo

Outro dos fatores críticos desta tecnologia é o seu comportamento perante o fogo. Comparativamente ao betão e ao aço, os materiais compósitos de matriz polimérica, perdem a sua rigidez, podendo mesmo entrar em combustão perante um incêndio.

Salientamos estes dois fatores críticos como os mais relevantes para a aplicação que este estudo comparativo se aplica, postes para a iluminação e postes para o transporte de linhas de Média Tensão.

3.4 A madeira

A madeira é um material ortotrópico, isto é, suas propriedades mecânicas variam de forma independente de acordo com o eixo em que a força é aplicada [42]. Para tal, são considerados 3 eixos principais seguindo o sentido da orientação da fibra da madeira (ilustração 25):

- Longitudinal (no sentido da fibra);
- Radial (normal aos anéis de crescimento);
- Tangencial (tangente aos anéis de crescimento).

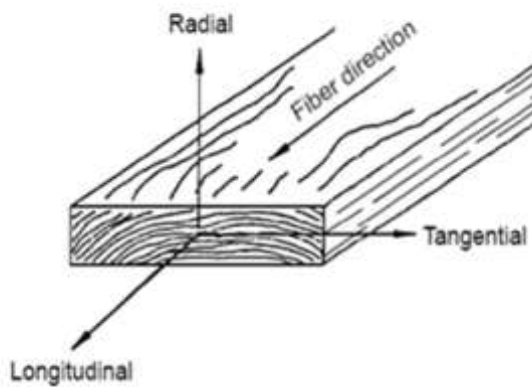


Ilustração 25 Eixos ortogonais de simetria física da madeira

Outro aspeto que favorece a madeira é sua alta resistência em relação à densidade. Conforme consta na tabela da ilustração 26, adaptada de artigo publicado por Calil Jr. e Dias (1997), essa razão é quatro vezes e dez vezes superior em comparação ao aço e ao betão (para a madeira dicotiledónea, utilizada na fabricação de postes), respetivamente.

Material	Densidade (kN/ m ³)*	Energia Consumida (MJ/m ³)**	Resistência (MPa)***	Módulo de Elasticidade (MPa)***	E	F	G
Betão	24	1920	20,3	20000	96	0,83	833
Aço	78	234000	250,4	210000	936	3,21	2692
Madeira – conífera	6	600	50,5	10000	12	8,33	1667
Madeira – dicotiledónea	9	630	90,5	25000	7	10,00	2778

Ilustração 26 Tabela comparativa de materiais

Legenda da tabela:

* Densidade do material, no caso da madeira, valor referente à humidade de 12%.
** Energia consumida na produção, para o betão a energia provém da queima de óleo; para o aço, do carvão; para a madeira, energia solar.
*** Para o betão o valor citado refere-se à resistência característica à compressão, produto fabricado; para o aço trata-se da tensão de escoamento do tipo ASTM A-36; para a madeira são os valores médios da resistência à compressão paralela às fibras, referida à humidade de 12% de acordo com recomendação da NBR 7190/1997, da ABNT.
E : relação entre os valores da energia consumida na produção e da resistência.
F : relação entre os valores da resistência e da densidade.
G : relação entre os valores do módulo de elasticidade e da densidade.

Segundo o estudo realizado por *Charles Henry Snow* [43] e corroborado por *Richardson, Barry A.* [44], diversos fatores podem contribuir nas propriedades finais da madeira, mas o principal deles é o teor de humidade da madeira. Por ser um material higroscópico, a água afeta drasticamente as suas propriedades mecânicas, além de ser o fator principal causador da degradação. O teor de humidade da madeira é determinado dividindo a massa saturada (húmida) do corpo de prova pela sua massa seca.

A humidade no interior da madeira está presente em 2 formas: nas cavidades celulares como água livre e dentro das fibras, como água absorvida. Durante a secagem da madeira, as fibras não perdem água até toda a cavidade adjacente secar ou perder sua água livre.

O ponto no qual as fibras estão cheias, mas as cavidades estão vazias, é chamado ponto de saturação da fibra e ocorre em torno de 30% de conteúdo de humidade. Abaixo deste ponto a madeira apresenta melhores propriedades mecânicas, acima dos 20% de humidade, a madeira sofre apenas pequenas variações de resistência e rigidez, é considerada como sendo madeira “Verde”.

Ao absorver humidade a madeira sofre uma expansão volumétrica, e ao secar, se esta atingir valores de humidade menores que 12%, a madeira corre o risco de fissura.

Uma madeira é considerada seca, quando o seu teor de humidade está em equilíbrio com a humidade relativa do ambiente onde a madeira será utilizada.

Outro fator importante é a ocorrência de imperfeições na madeira, que influencia diretamente a sua resistência mecânica. Imperfeições como a presença de nós, comuns à madeira e provenientes da fase de crescimento, podem reduzir significativamente suas propriedades mecânicas.

Capítulo IV - Postes em betão armado

Esta tecnologia encontra-se ligada sobretudo ao suporte de linhas elétricas de baixa tensão, Média Tensão e mais recentemente, tem evoluído para a Alta Tensão, em substituição dos seus análogos em metal.

A resistência ao fogo de estruturas de betão armado é bastante boa [45] quando comparada com a dos restantes materiais estruturais. A sua não-combustibilidade e fraca condutividade, aliada ao facto de não produzir fumo nem emitir vapores tóxicos, faz com que seja um dos materiais mais resistentes ao fogo de que se dispõe. Aliás, esta foi uma das razões que conduziu ao sucesso deste material durante o século XX.

Os postes de betão são elementos estruturais devidamente projetados para serem utilizados em:

- Rede aérea de distribuição linha de transmissão 15 kV a 500 kV
- Redes de Baixa Tensão
- Rede aérea de telecomunicações.
- Subestações elétricas de 13,8 kV à 500 kV.
- Publicidade (out door).
- Torres para antenas
- Iluminação (pública e especial).

As suas maiores vantagens são:

- Total controle de qualidade, desde matéria-prima até o produto acabado,
- Vida útil elevada,
- Manutenção baixa,
- Baixo custo,
- Resistente a vandalismo, fogo.

-Permitem ensaios mecânicos que comprovam efetivamente o desempenho, ensaio de elasticidade, ensaio de rutura, ensaio de absorção de água.

Esta tecnologia apresenta substancialmente duas formas, em duplo T, encontrada na Europa (ilustração 27) e uma armação circular em aço pré-esforçado usual no Brasil (ilustração 28).



Ilustração 27 Poste em duplo T, usado na Europa



Ilustração 28 Armação para postes de betão usada no Brasil

A empresa responsável pelo sucesso dos postes em betão foi sem dúvida a Cavan. A empresa belga, criada em Dezembro de 1923, expandiu-se para todo o mundo, sendo hoje uma referência na produção desta tecnologia.



Ilustração 29 Página do sítio da Cavan

A Cavan é líder internacional nas áreas de *design*, produção, transporte e montagem de postes de betão armado [46].

O poste Cavan, de sua própria criação no formato, conceção, método de fabrico e apresentação de características, destina-se principalmente ao apoio de linhas de transmissão de energia. São utilizados na construção de linhas de Baixa, Média e Alta tensão em redes aéreas.

Os postes são fabricados em betão armado e de acordo com as normas em vigor. São produzidos numa grande variedade de alturas, funções e medidas para receberem as ações atuantes, oferecendo ainda ao cliente a possibilidade de alterar o esforço do poste de acordo com o pretendido. A título de mero exemplo, construir um poste de 18 m capaz de suportar esforços até 6.000 daN.

Na ilustração 30, poderemos ver os postes normalizados, em linhas gerais, dado que a Cavan apresenta uma gama de produtos muito superior à dezena [46].

Tipo	Tensão / altura	Esforço máximo
Baixa Tensão	(até 1kV) de 8m a 12m	100 daN a 1 000 daN
Média Tensão	(até 32kV) de 14m a 26m	400 daN a 5 000 daN
Alta Tensão	(até 60kV) de 20m a 36m	1 000 daN a 16 500 daN

Ilustração 30 Tabela de postes normalizados Cavan

A Cavan dispõe de uma frota de *camiões-trailers* especialmente equipada com cavaletes e guias hidráulicas para o transporte e descarga de postes nos locais acessíveis mais próximos da sua montagem.

As características, ensaios, definições, termos, dimensões, tolerâncias, especificações e controlo de qualidade são regidos de acordo com as normas:

DMA - C67 - 205-E (EDP)

DMA - C67 - 215-E (EDP)

DMA - C67 - 220-E (EDP)

DMA - C67 - 225-E (EDP)

NP 261

Norma Europeia - EN 12843

Os postes são designados pela altura total, utilização, medidas e esforços. São dotados de um sentido principal (segundo o eixo de maior inércia da sua secção transversal) e de um sentido secundário (segundo o eixo de menor inércia da sua secção transversal). Para fixação de

acessórios, os postes de betão apresentam uma furação à cabeça nas duas faces, como indicado na ilustração 34.

Para postes de Alta Tensão a furação será idêntica aos postes destinados à Média Tensão, podendo se introduzir diferentes furações a pedido dos clientes, para situações fora do corrente, no respeitante ao suporte de travessas para transporte de linhas aéreas.

O diâmetro do furo é de 24 mm (+/- 1 mm) e as medidas transversais são dadas pela dimensão e pela distância do topo à secção transversal.

Nesta tecnologia iremos centrar-nos no dimensionamento e definições de postes para transporte de energia elétrica em Média Tensão (15 kV), dado ser neste segmento de mercado, que se pretende estudar a possibilidade de introdução de um novo produto, com base num sistema compósito em termoplástico.

Um poste para suporte de linhas de transporte de energia elétrica e de equipamentos acessórios, como seccionadores, bem como transformadores aéreos, varia entre os 14 metros e os 26 metros.

Os postes de transporte de energia, para a Média Tensão, dividem-se em :

- Postes de alinhamento
- Postes Fim de Linha ou de reforço
- Postes de ângulo

Os **postes de alinhamento** (ilustração 31) são os que estão sujeitos a menor esforço. Devido às linhas fazerem um ângulo de 180^0 entre si, anulando a tração nos dois



sentidos, as forças a calcular serão o peso das linhas e acessórios (pinças de amarração, isoladores e travessas), mais a força do vento. Dependendo da secção da linha que o poste irá suportar e do vão entre postes adjacentes, que poderá variar entre os 25 mm² de cobre até os 325 mm² em Alumino-aço, sendo que o vão poderá variar entre os 50 metros e os 250 metros, este tipo de poste varia entre os 400 daN e os 1.200 daN, de capacidade de esforço. Esta tecnologia, geralmente em betão (postes em duplo T), apresenta um peso que varia para o esforço pretendido, entre os 4.000 kg e os 5.000 kg, para uma altura de 22 metros.

Ilustração 31 Vista de topo. Linha e poste de alinhamento

Os postes de **fim de linha** (ilustração 32), ou de reforço, são aqueles que suportarão todo o esforço das forças de tensão, aplicadas às linhas, no último vão. O cálculo do seu esforço



Ilustração 32 Vista de topo de um poste de Fim de Linha

depende da tensão aplicada às linhas, do peso dos condutores, acessórios e força do vento. Este tipo de poste deverá variar, na sua resistência de capacidade de esforço, entre os 3.000 daN e os 5.000 daN. A fórmula mais fácil para cálculo do esforço deste tipo de poste é multiplicar o número de condutores (entre 3 a 6), pela tensão aplicada à linha (geralmente entre 5 e 7 daN/mm²), vezes a secção dos condutores (atualmente variam entre 160 e 320 mm²). Isto é, para uma linha em alumínio (AA) a 160 mm² de secção, com uma tensão de 6 daN/mm², em linha simples (3 condutores), o esforço calculado, de uma forma básica, sem levar em conta a força do vento, que geralmente é de 750 Pa, nem o vão entre apoios, seria de $3 \times 160 \times 6 = 2.880$ daN. Claro que ainda teríamos de respeitar o esforço sujeito à torção, caso uma, ou duas, das linhas rompessem. No final do capítulo apresentaremos um cálculo mais detalhado. O peso associado a este tipo de tecnologia em betão, que é a atualmente usada na Média Tensão, depende da altura, mas se considerarmos os 22 metros, teremos apoios entre os 8.580 kg e os 11.330 kg.

Os **postes de ângulo** são aqueles que alteram o sentido das linhas que transportam. No caso dos postes de betão os esforços dos postes de ângulo têm de ser calculados meticulosamente,



Ilustração 33 Vista de topo de uma linha aplicada a um poste de ângulo

segundo os eixos de maior e menor inércia.

Dependendo do ângulo e da secção da linha, geralmente este tipo de poste, terá de apresentar o mesmo dimensionamento que os de fim de linha, dado os esforços nos eixos de menor inércia. O inconveniente deste tipo de apoio em betão é que implica ter de ser rodado quando alteramos os ângulos entre as linhas, devido a qualquer alteração a montante ou jusante.

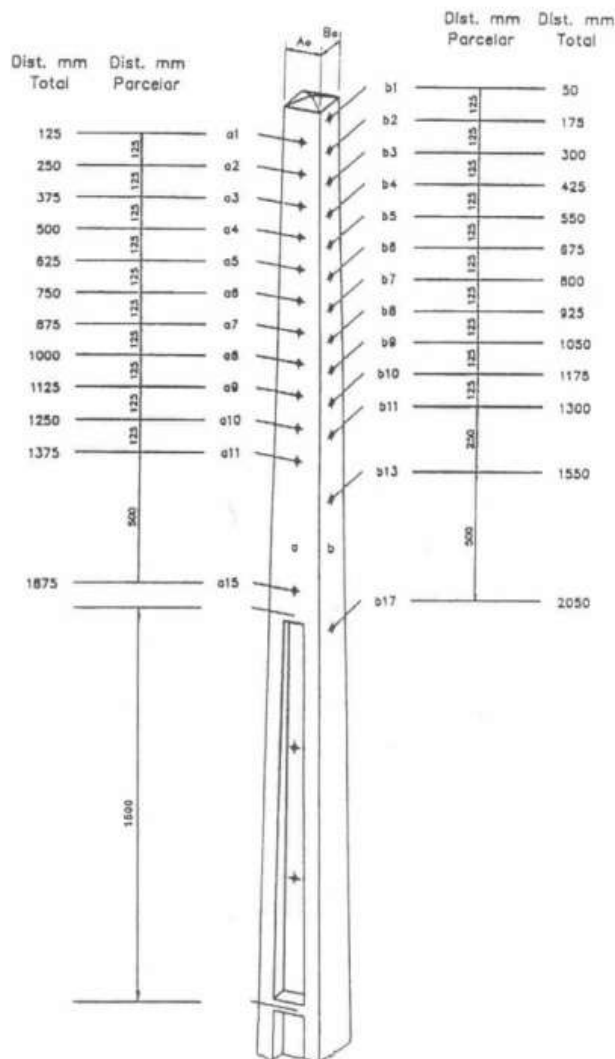


Ilustração 34 Furação de postes em betão tipo T

No exemplo abaixo, o poste designado por MM06/2750, significa que para um poste de 28m teremos uma carga máxima admissível de 2.750 daN, segundo o eixo de maior inércia da sua secção transversal e zero, segundo o eixo de menor inércia da sua secção transversal [47]. Para outros esforços, no caso de um poste de ângulo, poderemos calcular a capacidade do apoio intersetando a linha diagonal a vermelho, a partir de paralelas aos eixos das abcissas. Assim, no exemplo da ilustração 35, se pretendermos que o apoio aguente um esforço até 1.000 daN no lado da solicitação principal (F_{pvp}), teremos disponível 854 daN para o lado da solicitação secundária (F_{svp})



MM06/2750

AM06/2750

$H \leq 28$ m

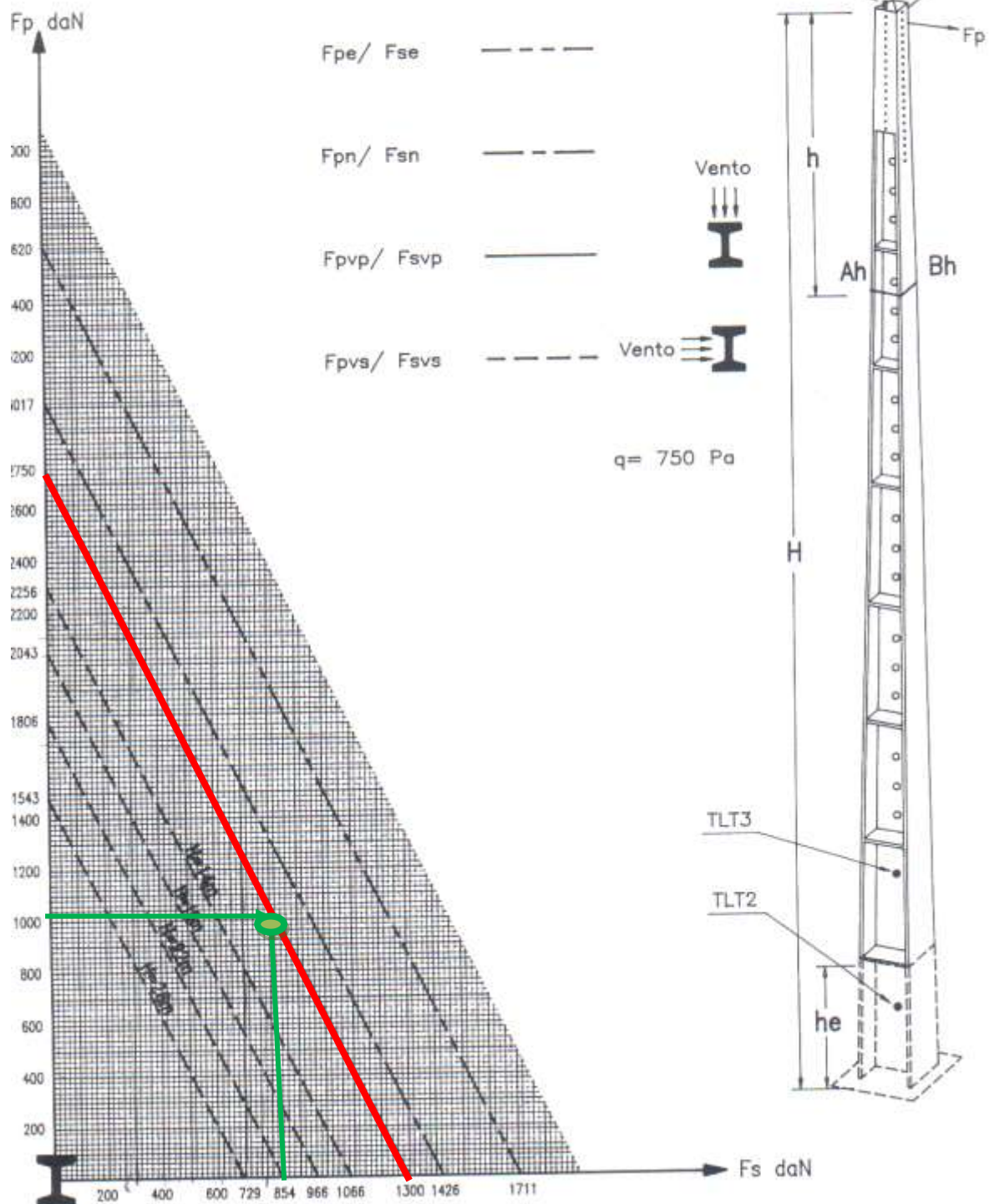


Ilustração 35 Esforços de um apoio MM06

Fatores críticos:

Esta tecnologia apresenta alguns fatores críticos a considerar, no que respeita à reação aos Ultra Violetas, os postes em betão necessitam de manutenção, caso contrário, degradam-se facilmente. Outro aspeto, como facilmente reparamos na ilustração 37 é a corrosão que esta tecnologia está sujeita. A corrosão das varetas de aço, envolvidas pelo betão [48], faz com que o poste comece a apresentar fissuras e se venha a degradar, ao longo do tempo. Este fenómeno é particularmente observado nas zonas costeiras, visível na foto tirada em Moledo do Minho, em Maio de 2008 (ilustração 37).

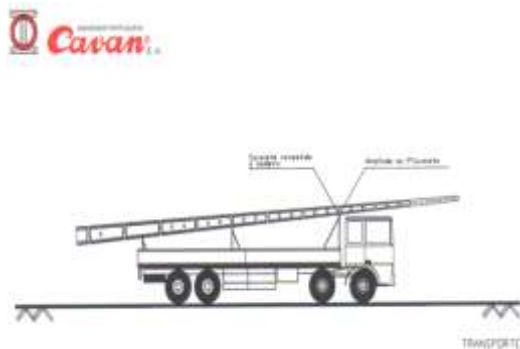


Ilustração 36 Transporte de um poste de betão

O peso desta tecnologia é o seu maior fator crítico, dado que o poste de betão não pode ser fabricado por segmentos, implica quase sempre um transporte especial, em virtude das suas dimensões. Por outro lado, limita a quantidade a ser transportada simultaneamente, devido à capacidade do camião face ao peso da carga.



Ilustração 37 Poste em degradação. Betão armado

Outro fator crítico desta tecnologia é o seu arvoreamento. Dado o seu elevado peso, aliado ao fato de se tratar de um produto que não pode ser segmentado, para levantar um apoio de 22 metros, por exemplo, é imperativo o recurso a gruas especiais.

Capítulo V - Postes Metálicos

Na produção de postes em ferro, perfilados, damos especial relevo à E.I.P. em Portugal, que atua neste segmento desde 1956.



Ilustração 38 EIP SA

Outra importante empresa neste setor é a Metalgalva, especialista em galvanização.



Ilustração 39 Metalgalva

Os apoios metálicos atualmente usados na EDP Distribuição são os denominados Apoios Reticulados Série F (ilustração 40).

Gama de Apoios:

- Apoios para linhas simples de Média Tensão (FxxCM)
- Apoios para linhas simples de Alta Tensão (FxxCA)
- Apoios para linhas duplas de Alta Tensão (FxxxCD)

Os apoios desta série são constituídos por estruturas inteiramente aparafusadas.

Todas as peças componentes estruturais são submetidas a tratamento anticorrosivo de galvanização por imersão a quente, de acordo com a norma NP EN ISO 1461.

Neste tipo de apoio, não se coloca o problema do transporte dado ser montado no local de implantação. Apresenta como fatores negativos a área de ocupação (entre os 4m² – apoio F30CM para Média Tensão, e os 30m² apoio F165CD para linhas duplas de Alta Tensão). Outro fator menos favorável é o seu custo que varia entre os 3.500,00€ e os 15.000,00€, valores aproximados.

Estes apoios continuam sem concorrência, para alturas elevadas, dado preencher as diretivas relativamente às flechas mínimas exigidas pelas DMA's da EDP, e para colocações em terrenos de difícil acesso. No transporte de linhas superiores a 325 mm² de secção, em Alumino-Aço, os apoios metálicos apresentam-se como preferenciais para este tipo de transporte.

O custo do poste metálico é em muito superior ao betão. Esta tecnologia é preferencial à do betão em países cuja mão-de-obra não seja económica, dado necessitar de menos meios humanos para a sua colocação que a concorrente em betão. Em Portugal os apoios metálicos estão reservados às linhas de Alta e Muito Alta Tensão (linhas da REN, por exemplo).

O dimensionamento deste tipo de tecnologia exige cálculos mais complexos que os apoios de betão, especialmente os apoios tipo F (postes não quadrados), com eixos de maior e menor inércia. Existem atualmente meios informático como o DLINHAS (usado na EDP), que em função do ângulo da linha, da altura pretendida, do vão adjacente e da secção da do condutor, indica os esforços a que o apoio irá estar sujeito. A partir daí o técnico estará em condições de escolher o apoio adequado.

A forma manual de dimensionar um apoio metálico, exige que se calculem os esforços em todos os braços (as travessas nos apoios tipo P e F, são parte integrante do apoio), entrando

com as secções dos condutores e calculando o vão gravítico. Por ser demasiado exaustivo e sem interesse para as comparações que aqui se pretendem atingir, apenas deixamos a indicação da dificuldade.

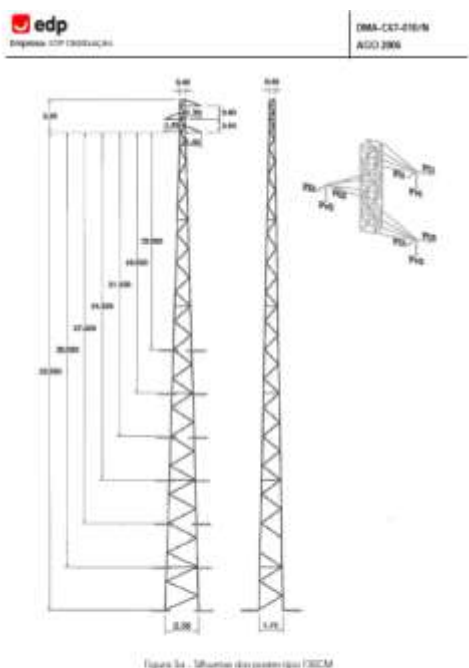
Fatores críticos

Um dos fatores críticos desta tecnologia, para além da dificuldade do cálculo para escolha do apoio mais adequado, realçamos a cor, dado que este tipo de apoio tem de ser galvanizado, a pintura é dificultada, obrigando a manutenção constante para se manter a cor, que no caso da proximidade de via circulação automóvel, é obrigatório que o apoio apresente as cores vermelha e branca em alternado.

Outro fator desvantajoso relativamente aos apoios de betão, é a sua fundação, visto que serão necessárias 4 covas, uma para cada base do apoio. Cada pé enterra no solo 10% da sua altura acrescido de 0,5 metros. Como é difícil, fazerem-se covas com áreas inferiores a 1 m², teremos para um apoio de 22 metros uma cubicagem de $1 \times 1 \times 2,7 \times 4 = 10,8 \text{ m}^3$.

O fato de ser condutor de eletricidade é ainda um fator psicológico negativo junto das populações, dado que os apoios de Média Tensão são geralmente colocados em terrenos privados. Embora refira-se, que apesar da sua condutividade estes apoios são dotados de meios de segurança eficazes.

O maior fator crítico desta tecnologia, continua no entanto, a ser o seu preço.



Capítulo VI - Postes de Madeira

O uso de postes de madeira (ilustração 41) é muito comum no continente americano [49]. No Brasil, especialmente nos Estados da região sul, os postes de madeira para transmissão de energia alcançam cerca de 90% do total dos postes produzidos, para linhas até 69 kV [50].

A experiência internacional indica que não só os países de vocação florestal, como a Alemanha, Suécia, E.U.A., Finlândia entre outros países, utilizam intensamente os postes de madeira, até a Inglaterra, pobre em florestas, mas rica em cimento, carvão e ferro, prefere importar postes de madeira para suas redes elétricas [51]. Esta situação vem reforçar que o emprego de postes em betão e ferro começa a ser uma solução preterida, mesmo nos países produtores destes materiais.

Uma comparação entre a utilização de postes de madeira preservada no Brasil e nestes países confirma que não estamos a empregar esse material à altura do seu potencial. Nos E.U.A., por exemplo, o poste de madeira preservada é usado em linhas telefónicas, de distribuição e transmissão de energia para tensões de até 345 KV. O consumo de postes de madeira **preservada** representa por ano mais de 99% de todos os postes empregados, sendo estimada uma vida média de 30 - 40 anos [51].

Conforme trabalho realizado por [62], estimava-se um total de aproximadamente 781.460 postes até esse período nas redes da AES Sul. Destes postes, 758.000 (97%) são de madeira e 23.460 (3%) de betão.

Os postes de madeira sempre apresentaram um custo inferior aos outros tipos de postes comercializados, principalmente postes de betão, tanto em linhas de transmissão quanto em redes de distribuição rural. Assim, os postes de madeira atuam como reguladores de preços no mercado, quando ocorre alguma escassez, os preços de postes de betão sobem rapidamente.

Segundo [51;52], os postes de madeira apresentam vantagens sobre os postes de betão. Os postes de madeira são cerca de 5 vezes mais leves que os correspondentes de betão de secção circular e 3,7 vezes mais leves do que os de betão de secção duplo T. O consumo de energia para sua fabricação fica na ordem de 10.048,320 kJ contra 2.302.740 kJ para o poste de betão. Considerando a resistência mecânica, o poste de madeira representa, em relação ao poste de betão duplo T, a mesma resistência em todas as direções, ou seja, não possui direções

preferenciais. O poste de madeira apresenta assim um melhor desempenho, suportando maior esforço mecânico com um diâmetro reduzido.

Os postes de madeira possuem excelentes propriedades como isolante elétrico e baixa condutibilidade térmica, que favorecem a sua aplicação em linhas de transmissão e distribuição de energia. O nível básico de impulso da madeira é de 400kV, tornando-a quase 6 vezes melhor isolante que o betão, segundo [52].

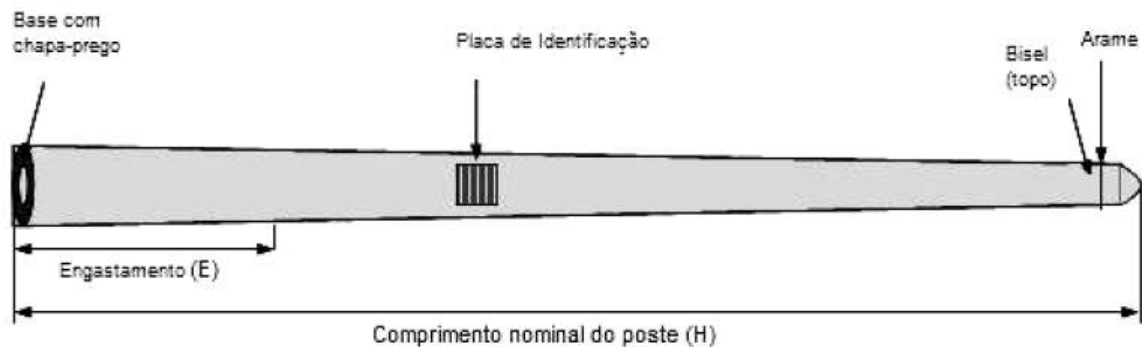


Ilustração 41 Poste de madeira

Os postes de madeira suportam tensões de impulso atmosférico, no mínimo, 51% acima das estruturas metálicas.

Considerando o transporte e instalação, os postes de madeira pesam em torno de 60% menos que o de betão equivalente e o seu manuseamento pode ser feito sem equipamentos específicos, exigindo um menor número de acessórios. Devido a sua elevada elasticidade, os postes de madeira apresentam uma maior resistência aos choques mecânicos comparados com os outros tipos de postes. Podem ser arrastados, não precisam de cuidados específicos como o poste de betão que requer um caminhão-grua todo-o-terreno para ser instalado [53].



Ilustração 42 Teste a postes de madeira

A ilustração 41 mostra um modelo padrão de poste identificando suas características de produção. Na base do poste, normalmente aplica-se um reforço com uma chapa-prego para evitar fissuras durante o processo de secagem natural. Todo o poste sai de produção devidamente identificado e testado (ilustração 42) com uma placa metálica com dados do fabricante, detalhes de altura, preservativo utilizado

e data de fabricação. O topo também pode receber um reforço (arame) para evitar fissuras, além de receber um acabamento que evita o acumular de água na parte superior do poste [54].

Fatores críticos

Os fatores críticos destes postes são essencialmente a limitação em termos de altura, dado que o continente europeu ser bastante acidentado, e com maior densidade habitacional, os postes geralmente têm uma altura superior a 18m (altura máxima para este tipo de tecnologia).

Outra limitação encontra-se na sua flecha, quando sujeito a cargas superiores a 1.650 daN, para uma altura útil de 811 cm.

Para além dos referidos, outro ponto crítico é que o poste de madeira exige um tratamento químico, de modo a afastar os animais, o que faz com que se libertem substâncias nocivas à saúde humana. O enterramento no solo exige um tratamento prévio, de modo a evitar o seu apodrecimento, pelo que implica elevados custos de manutenção. Esta tecnologia está a ser abandonada pelos países que a vinham a utilizar, estando a ser substituída pelo betão armado e pelo compósito [52], como é especialmente o caso dos Estados Unidos da América.



Ilustração 43 Tratamento dos postes de madeira

Fotos dos tratamentos aplicados: Bioguard (à esquerda) e os bastonetes Polisaver (PRECHEM, 2004) à direita.

Para ficarmos com uma ideia da sua degradação apresentamos em baixo uma das metodologias de inspeção que nos mostra neste exemplo um apoio de madeira em apodrecimento (ilustração 43).

Metodologia de Inspeção [51]: Inicialmente o poste é inspecionado visualmente à procura de rachaduras ou falhas que comprometam a estrutura do poste. Após, utiliza-se um martelo para fazer a inspeção por percussão (ilustração 44-a); é observado a resposta sonora às batidas do martelo, com a finalidade de identificar regiões com apodrecimento interno que emitem um som distinto ao das regiões maciças da madeira. Em seguida é feita uma escavação no solo ao redor do poste até uma profundidade de trinta centímetros, para a verificação externa da estrutura em sua região de desgaste (ilustração 44-b).

É feita uma raspagem da superfície do poste com uma espátula a fim de determinar regiões com apodrecimento externo.

Com uma broca é feito um furo na altura da linha do solo, perpendicular ao eixo do poste de modo a prosseguir com a inspeção interna (ilustração 44-c). Com uma ferramenta especial faz-se a medição do diâmetro da porção interna de madeira ainda em boas condições (ilustração 44-d).

O tempo de vida é outro fator crítico, dado ser muito inferior ao das restantes tecnologias, betão, compósito e ferro.



a- Inspeção com martelo



b- Apodrecimento externo



c- Furo para inspeção interna



d- Ferramenta para medição interna

Ilustração 44 Testes a postes em madeira

Capítulo VII - Postes em sistemas compósitos de matriz polimérica



Ilustração 45 Poste em compósito

Os postes em PRFV, Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro, como podemos observar na ilustração 45, são atualmente fabricados pelo sistema de Enrolamento Filamentar (*Filament Winding*), quando pretendemos postes cónicos e pelo processo de pultrusão, quando assumem secção constante. Os diâmetros variam de 100 mm a 1.000 mm na base junto ao solo, dependendo do comprimento e do esforço a que os mesmos irão estar sujeitos [55].

7.1 Métodos de Produção adotados

Existem variadíssimos métodos para produção de produtos em compósito, se nos dermos (ao pouco) trabalho de visitarmos o sítio da Owens Corning, poderemos ver todos os métodos existente para produção dos produtos que pretendemos. Pode-se mesmo dizer que esta empresa transmite-nos o seguinte.” Diga-nos o produto que pretende, que nós indicaremos o melhor método e as fibras que lhe convém”. Para a produção de postes optamos por três tecnologias, injeção, pultrusão e enrolamento filamentar. Como se pretendia uma produção em quantidade, de forma a poder-se atingir uma economia de escala, optamos pelas duas últimas, dado serem estas as usadas nas empresas em estudo.

7.1.1 Produção por processo de pultrusão:

O processo envolve três fases. Em primeiro lugar, as bobinas do material reforço são orientadas para um forno pré-aquecido. Em seguida, passa através da primeira cabeça da pultrusão, onde ocorre a consolidação. O material consolidado entra em seguida para o arrefecimento, a uma temperatura controlada, de modo a solidificar. Finalmente, depois de abandonarem o processo de pultrusão, corta-se o perfil especificado no comprimento desejado.

Esta máquina debita geralmente entre dois a três metros por minuto do produto final (ilustração 46).

As espessuras e consequente resistência do perfil produzido dependem da quantidade de compósito (espessura) que é determinada pela fieira aplicada previamente na máquina, antes do início do processo. Este cálculo deve ser metodicamente estudado de modo a otimizar o custo final do produto.

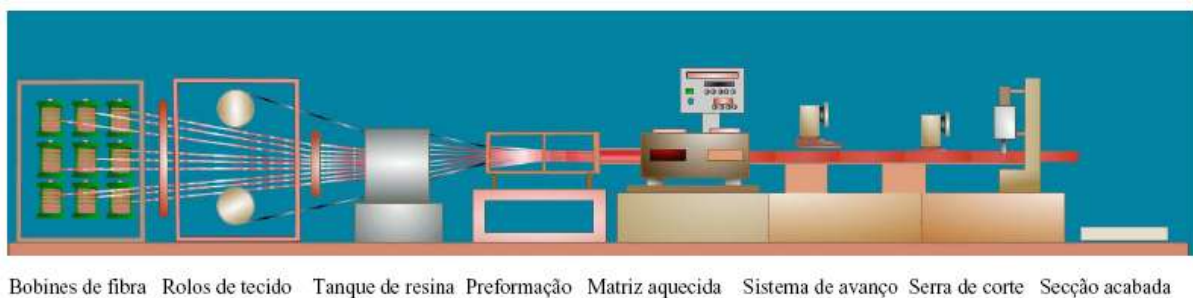


Ilustração 46 Processo de pultrusão

Em baixo, a ilustração 47 difere da ilustração 46 apenas no ângulo de visão em que a máquina é apresentada, para que o leitor tenha uma melhor perceção de todo o processo. A diferença de uma produção de produtos em termoplásticos para termoendurecíveis reside na matriz, em que a primeira será uma matriz polimérica termoplástica e a segunda será uma matriz de resina de epóxico. A máquina será a mesma mas a fieira terá de ser diferente de um processo para o outro.

Em qualquer dos processos as fibras de vidro (reforço) passam por um impregnador de resina (matriz), antes de entrarem no processo de pultrusão.

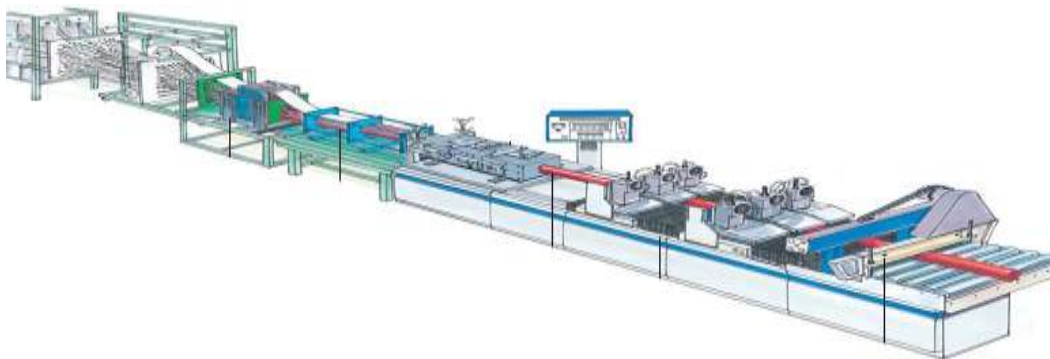


Ilustração 47 Esquema de pultrusão

7.1.2 Técnica por Enrolamento Filamentar

A técnica mais indicada para a produção de postes para transporte de energia é, o processo por Enrolamento Filamentar [56]. Isto porque, dado o custo do semi-produto, os postes a produzir deverão apresentar uma forma troncocónica, de forma a otimizar a quantidade de compósito aplicado na sua produção.

Até à data, as três maiores empresas do mundo a produzirem postes em compósito, mas em matriz termoendurecível, são a Shakespeare Poles (USA), a Strongwell (USA) e a Petrofisa (Brasil). Na Europa, têm aparecido algumas empresas neste setor, nomeadamente na Itália e mais recentemente nos Balcãs. Anteriormente eram conhecidas algumas tímidas tentativas falhadas, por este método, nomeadamente já em Itália, na Suécia e em Espanha.



Ilustração 49 Aspecto de uma máquina de enrolamento filamentar



Ilustração 48 Mandril

Este método apresenta uma grande vantagem sobre a pultrusão, para a produção de postes estruturais. A partir de um mandril troncocónico, será possível produzirem-se postes para suporte de cargas diferentes, bastando para isso, apenas alterar a quantidade de compósito a enrolar sobre o molde, isto é, variando-se a secção e a orientação das fibras, de acordo com o esforço que o poste tenha que suportar [57].

Com este sistema, consegue-se enrolar cerca de dez postes por hora [58], por cada eixo de enrolamento, que a máquina tiver, dependendo obviamente do comprimento. A máquina ideal para a produção de postes estruturais deverá possuir, três eixos de enrolamento, com moldes

de diferentes secções, para que no final do processo, os tubos possam ser soldados para se produzirem postes com alturas diferentes. Em reunião tida em Novembro de 2009, com o Sr Collin Leek da PULTREX (fabricante reconhecida de maquinaria para pultrusão e enrolamento filamentar) este informou-nos que a Pultrex já fabricou máquinas de enrolamento filamentar até 34 metros destinada a tubagens de grandes diâmetros. No entanto para este tipo de produto aconselhava o comprimento máximo de 12 m, com três eixos, dado o peso dos mandris.

O método de produção consiste em um sistema de guias e tensionamento, do compósito, previamente colocado em bobines, que será puxado para um forno pré-aquecido. A rotação do mandril vai enrolando o compósito, cujo ângulo deverá ser previamente determinado e variará de acordo com a direção da carga a suportar. Este enrolamento será feito de forma cruzada, de modo a conferir maior resistência ao produto final [57].

No final do processo, o tubo entrará num forno, pré-aquecido, de forma a uniformizar o enrolamento obtido, conferindo-lhe o aspeto final.

7.2 Postes em compósito no mercado

Selecionamos três empresas americanas, duas dos Estados Unidos da América e uma a operar no Brasil mas de origem italiana. No entanto os postes e acessórios (travessas), sendo de matriz termoendurecível, têm um comportamento mecânico em tudo semelhante aos de matriz termoplástica. Ainda de referir que os compósitos usados por estas empresas, são de fornecimento da Owens Corning e da Zoltec, que são os maiores produtores de compósitos, para fins industriais, do mundo.



Ilustração 50 Arvoreamento de um poste em compósito



A tecnologia usada na Petrofisa combina o Enrolamento Filamentar com técnicas de automação e controle. O uso destas tecnologias permite a obtenção da máxima qualidade, produtividade e redução dos custos.



Ilustração 51 Ligação de um poste em compósito

Os postes de compósito da Petrofisa poderão ser aplicados em diversas situações, lugares de difícil acesso (ilustração 50), vias urbanas, locais de alta corrosão e intempéries (ilustração 51). São suficientemente leves para serem transportados por pequenos veículos, sem a necessidade de equipamentos pesados. Por não sofrer deterioração e possuir propriedades de isolamento elétrico, diferente dos postes fabricados em metal.

A tecnologia de origem italiana utilizada pela Petroplast S.A. na Argentina introduz uma nova filosofia na fabricação de tubos de PRFV denominada “CAM-LINE”. A mesma associada à tecnologia de enrolamento filamentar (entrelaçamento de fibras de vidro em resinas poliésteres) com a automação e técnicas de controlo, tanto no ciclo completo como em cada passo da fabricação.

Como o peso é um grande diferencial entre os postes de fibra, a instalação deles em lugares de difícil acesso é mais fácil e de menor custo.

Os postes PRFV da Petrofisa resistem praticamente a todas as condições ambientais, sem necessidade de tratamento químico.

Os postes Petrofisa em PRFV (Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro) são atualmente fabricados pelo sistema de Enrolamento Filamentar (*Filament Winding*), com diâmetros que variam de 100 mm a 1.000 mm em qualquer comprimento, conforme necessidade de aplicação do projeto. As 5 razões que esta empresa apresenta para que os municípios apliquem os seus postes de fibra em vias urbanas, são as seguintes:

1. Nas grandes cidades e nas estradas a cada ano acontecem milhares de acidentes envolvendo postes.
2. Em caso de acidentes os postes de fibra de vidro absorvem melhor os impactos e ajudam a evitar danos de maior gravidade.
3. Os testes realizados demonstraram que estes postes evitam maiores danos nos veículos e ajudam a preservar o compartimento do motorista e do passageiro.
4. Os postes que sofreram embates em velocidades altas e baixas foram recuperados no local, alguns deles já até por três vezes.
5. As recuperações são efetuadas sem a necessidade de corte de corrente elétrica.



O poste SE28 (ilustração 52) é projetado usando diversos reforços de fibra de vidro, incluindo um tecido de vidro, multidirecional que fornece resistência tanto ao longo do eixo longitudinal como transversal, como referido no sítio da Strongwell.

Um núcleo interno de espuma combina-se com a elevada resistência à tração do compósito que confere uma excelente resistência aos postes e um desempenho quando sujeitos a cargas verticais e laterais. O poste foi desenvolvido ao longo de vários anos com a ajuda das companhias distribuidoras de energia elétrica.

Ilustração 52 Poste SE28

Os postes SE28 (ilustração 52) são cónicos e passaram nos testes de resistência ASTM D1036.

Os postes SE28 são esteticamente agradáveis, resistentes à corrosão, ferrugem ou decomposição. Os postes têm uma superfície lisa exterior e podem oferecer uma variedade de cores. Os postes oferecem uma resistência uniforme, em todos os sentidos [50].

Dada a sua leveza, este produto pode chegar onde nenhum outro poderia. Como podemos ver na ilustração 53 em baixo, os postes SE28 da Strongwell, podem ser facilmente transportados por helicópteros de pequeno porte, até locais de impensável acesso.



Ilustração 53 Transporte terrestre



Ilustração 54 Transporte aéreo



Ilustração 55 Postes Shakespeare

A empresa Norte americana Shakespeare Poles apresenta neste mercado postes em sistema compósito, em tecnologia termoendurecível patenteada. Esta empresa do grupo Philips atua no mercado dos candeeiros para iluminação pública e no mercado do transporte de linhas elétricas (ilustração 55). A Shakespeare Poles tem uma grande experiência neste segmento de mercado, no qual atua há mais de 40 anos, desde 1967.



Ilustração 56 Situação adversa

Leves (podem ser transportados manualmente, como vemos na ilustração 56), um terço do peso da madeira. Sem impacto ambiental, seguros, sem conservantes químicos. Excelente produto, não condutor de energia, impermeáveis a insetos, pássaros, resistem a condições meteorológicas adversas e são esteticamente agradáveis. De fácil instalação, não são necessárias guas especiais à sua instalação.



Ilustração 57 Poste para energia Shakespeare

Esta empresa desenvolveu uma gama de postes em compósito capaz de satisfazer os clientes mais exigentes. Não se limitando só à produção de postes, a Shakespeare, comercializa também toda a gama de travessas e outros acessórios, a incorporar nos seus postes estruturais.

Para além deste tipo de tecnologia, esta empresa americana, desenvolveu uma série de postes destinados à iluminação pública e privada.



Ilustração 58 Poste tipo H

Os postes destinados ao transporte de linhas elétricas (ilustração 57 e 58), apresentam um acabamento que se assemelha ao aço, graças a um técnica de *smooth* que esta empresa desenvolveu.

A Shakespeare Poles fabrica os seus produtos, por pultrusão e enrolamento filamentar.

Um ponto crítico desta tecnologia (nas três empresas) é produzirem os seus postes em compósito em matriz term endurecível. No entanto, será de esperar uma evolução no sentido da matriz termoplástica, dada a pressão da sociedade no sentido de se exigirem produtos recicláveis ou mesmo produzidos a partir de fibras naturais.

Para a produção de postes em compósito, são essencialmente usadas os processos de pultrusão e enrolamento filamentar. Sendo que, o enrolamento filamentar é aquele que apresenta mais vantagens económicas, relativamente à quantidade de matéria-prima incorporada, por ser capaz de produzir postes troncocónicos.

Composite Poles Maximum Strength Available (Class equivalent)			
Overall Pole Length	Maximum ANSI Tip Load 2' from Tip	@ Std Bural Depth (10%+2')	
		Maximum Groundline Moment (in) KIPS	Maximum Groundline Moment FT/LBS
30'	>15,500#	>4,278	>356,500
35'	>15,500#	>5,115	>426,250
40'	>15,500#	>5,952	>496,000
45'	>15,500#	>6,789	>565,750
50'	15,500#	7,626	635,500
55'	14,100#	7,699	641,550
60'	12,900#	7,740	645,000
65'	11,800#	7,717	643,100
70'	10,900#	7,717	643,100
75'	10,000#	7,620	635,000
80'	9,400#	7,670	639,200
85'	8,800#	7,656	638,000
90'	8,300#	7,669	639,100
95'	7,900#	7,726	643,850
100'	7,500#	7,740	645,000
105'	6,500#	7,059	588,250
110'	5,000#	5,700	475,000
115'	4,200#	5,015	417,900
120'	3,600#	4,493	374,400
125'	3,000#	3,906	325,500

All poles over 50' are two-piece poles; poles over 90' are three-piece poles

O método de fabrico por pultrusão de postes em sistemas compósito tem sido reservado para candeeiros de pequeno porte, até 8 metros de altura, pelo menos nestas empresas de referência.

Os postes da Shakespeare variam entre os 9m de altura e os 38m.

A ilustração 59 reflete uma tabela retirada diretamente do sítio da Shakespeare Poles. Poderemos observar que esta empresa apresenta uma gama de postes que variam entre os 9m de altura e os 38m. Como se percebe, devido à flecha, quanto mais alto for o apoio menor será o esforço que é capaz de suportar. Assim para um apoio de 38m (125 ft), temos uma carga máxima admissível a 0,61 m do topo de 1361 daN. Já para um poste de 13,7 m temos uma carga admissível a 0,61 m do topo de 6895 daN. Os postes mais altos com maior capacidade de esforço são do tipo H (ilustração 58)

(1 lbf = 4.448 222 N = 0.444 822 daN)

Ilustração 59 Tabela dos esforços admissíveis – Referência, Shakespeare Poles

Total Pole Length (ft)	Butt ⁴ Diameter (in)	Tip ⁴ Diameter (in)	Ultimate Moment Capacity @G.L. (ft-kips)	Pole Weight (lbs)
55	22.08	12.13	128	900
60	22.54	11.69	140	1,000
65	23.00	11.25	153	1,050
70	23.46	10.82	166	1,150
75	23.92	10.39	178	1,250
80	24.38	9.96	191	1,350

Notes:
1. Moment capacity = 2812.5 lbs x moment arm length
2. Moment arm length = length of pole - (10% of length + 2 ft) - 2 ft
3. Load is applied 2 ft from tip of pole.
4. Diameter based on minimum circumscribed circle around pole cross section.

Ilustração 60 Tabela de características

Na ilustração 60, retirada do catálogo da Shakespeare Poles, poderemos observar algumas características destes postes em compósito. Assim, a título de exemplo, um poste com o comprimento em altura de 24,38 m (80 ft) apresenta um diâmetro na base de 0,62 m (24,38 in), um diâmetro no topo de 0,253 m (9,96 in) e um peso de 612,35 kg (1350 lbs)



Ilustração 61 Transporte de poste a local de difícil acesso

A Shakespeare Poles produz os seus apoios por trames. A partir dos 15m os apoios são montados em 2 peças, sendo que a partir dos 27m passam a ser montados por três peças. Assim esta tecnologia apresenta-se no mercado sem concorrência para a instalação de linhas em locais de difícil acesso como poderemos observar na ilustração 61.



Esta tecnologia apresenta ainda a importante característica de ser capaz de absorver o choque do impacto de um veículo, evitando deste modo a perda de vidas humanas (ilustração 62).

Ilustração 62 Choque contra apoio em compósito



Ilustração 63 Projecto Polight

A partir da patente nacional n.º 102494 [38] “MÁQUINA PARA PRODUÇÃO EM CONTÍNUO DE MECHAS DE FIBRAS PRÉ-IMPREGNADAS COM TERMOPLÁSTICO EM PÓ”; esta empresa portuguesa anuncia-se como inovadora ao pretender introduzir neste mercado um poste fabricado com base numa nova patente, desenvolvida na FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, denominada “POSTES ESTRUTURAIS EM COMPÓSITO COM BASE EM TERMOPLÁSTICO”.

Estes apoios, para além de virem a ser produzidos em compósito de matriz termoplástica, têm a particularidade de incorporarem sensores, com comunicação por GPRS, com o utilizador, de forma a detetarem e transmitirem anomalias, nomeadamente na continuidade da tensão nas linhas que suportam, sejam de Baixa ou Média Tensão. As potencialidades dos sensores são enormes, podendo ser exploradas para avisos de fogo iminente, de acidentes ou vigilância, a título de exemplo. Estes sensores serão incorporados na fase de fabrico dos postes, sempre que o utilizador o deseje.

Os postes Polight pretendem também, no futuro, produzir torres para Energia Eólica, revestindo um fino *líner* de aço, com o compósito de matriz termoplástica. Com esta técnica, é suposto reduzir para cerca de um terço o peso da torre eólica, mantendo toda a capacidade de esforço a que esta tecnologia terá de suportar. O revestimento do aço pelo termoplástico, para além da resistência que lhe irá conferir evitará a corrosão, prolongando a vida útil do apoio. No segmento da iluminação pública, os postes Polight, oferecem a possibilidade da cor e da eliminação do risco de morte por eletrocussão.



Ilustração 65 Produção do towpreg U.Minho



Ilustração 64 Testes INEGI

Com os estudos encomendados ao INEGI, que produziu já alguns protótipos (ilustração 64) e ao INESC Porto (no caso dos sensores), os postes em termoplástico para transporte de linhas elétricas (BT, MT e AT) poderão constituir uma alternativa, não ao betão e ao aço, pois essa já existe nos através do sistema compósito em termoendurecível, mas aos próprios apoios nesse mesmo sistema, dada a tendência ambientalista que este mercado em particular tem vindo a demonstrar. Este projeto, que está a ser desenvolvido pela empresa portuguesa, poderá vir a produzir o termoplástico desenvolvido pela Universidade do Minho e INEGI, dado que se encontra licenciada em exclusivo para tal finalidade.

O ponto crítico desta tecnologia assenta sobretudo na falta de testes e homologações.

O pedido de patente 38963/08 - N.º Pedido INPI 104301 - UNIVERSIDADE DO MINHO, INEGI - INSTITUTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E GESTÃO INDUSTRIAL e UNIVERSIDADE DO PORTO; "POSTE EM COMPÓSITO DE MATRIZ TERMOPLÁSTICA" (ilustração 66)

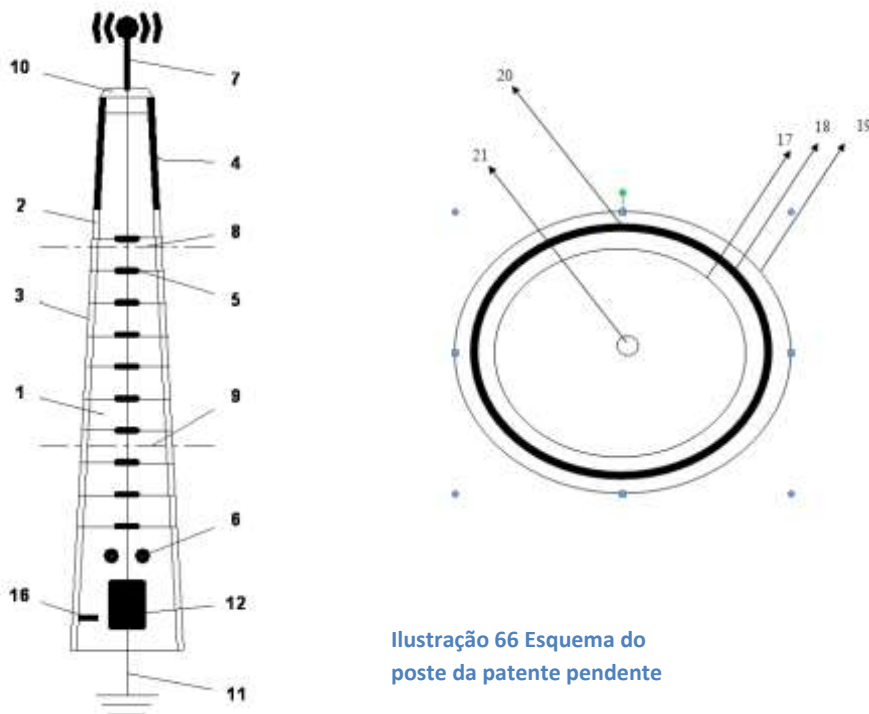


Ilustração 66 Esquema do poste da patente pendente

Capítulo VIII - Comparação técnico-económica das tecnologias

Avaliação teórica da aplicação das tecnologias em estudo

Com um exemplo de um projeto de Distribuição em MT (ilustrações 67 e 68), simulamos a utilização das tecnologias em estudo.

Conhecendo-se o preço de todas as tecnologias e o seu custo de construção, podemos assim simular quanto ficaria esta obra, com as diversas tecnologias. Não se entrou com os postes de madeira, dada a altura máxima destes não permitir esta opção. Para formação do preço do poste em termoplástico entrou-se com o peso dos apoios em termoendurecível, com o custo atual do Twintex™, com os custos fixos calculados de acordo com as necessidades para a produção deste tipo de apoio e com os custos variáveis calculados para uma produção anual de 10% da quantidade vendida em Portugal para este tipo de produto. Chegamos a um valor aproximado de 30% sobre o gasto de matéria-prima para produção do poste. Ou seja, o quilo de matéria-prima passou a custar 3,5€/kg x 1,3 para o termoplástico e de 2,0 €/kg x 1,3 para o termoendurecível.

Para além das vantagens e desvantagens diretas, não poderemos medir os custos de oportunidade gerados pelo tempo de realização da obra, ou os benefícios para o ambiente, no fabrico e na utilização de tecnologias em compósito reciclável.

A manutenção é outro fator que não levamos em conta, mas que a empresa deve ter em consideração quando ponderar o seu investimento em novas linhas.

Os custos associados às indemnizações também não foram considerados, mas em obras de investimento, têm cada vez mais um peso considerável. Para além dos custos associados às indemnizações, os custos de imagem e de destruição de árvores e cultivos são imensuráveis.

A acrescentar a tudo isto, o facto de as tecnologias clássicas obrigarem a um maior número de transportes e utilização de gruas pesadas, implicará um maior consumo de energia, que por sua vez implicará uma maior poluição do meio ambiente e a um custo acrescido.

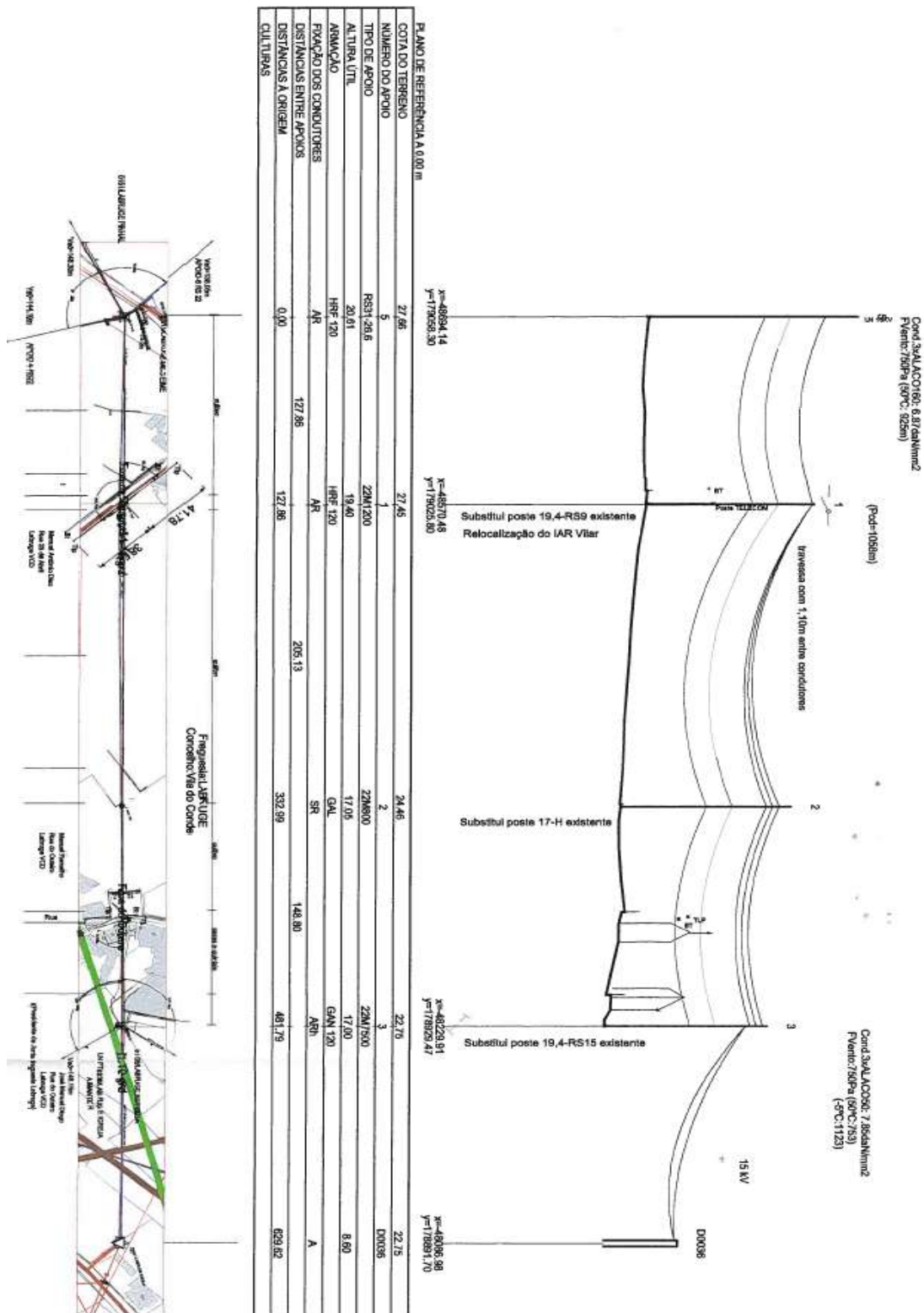


Ilustração 67 Simulação de obra de MT

Projeto de propriedade da EDP Distribuição

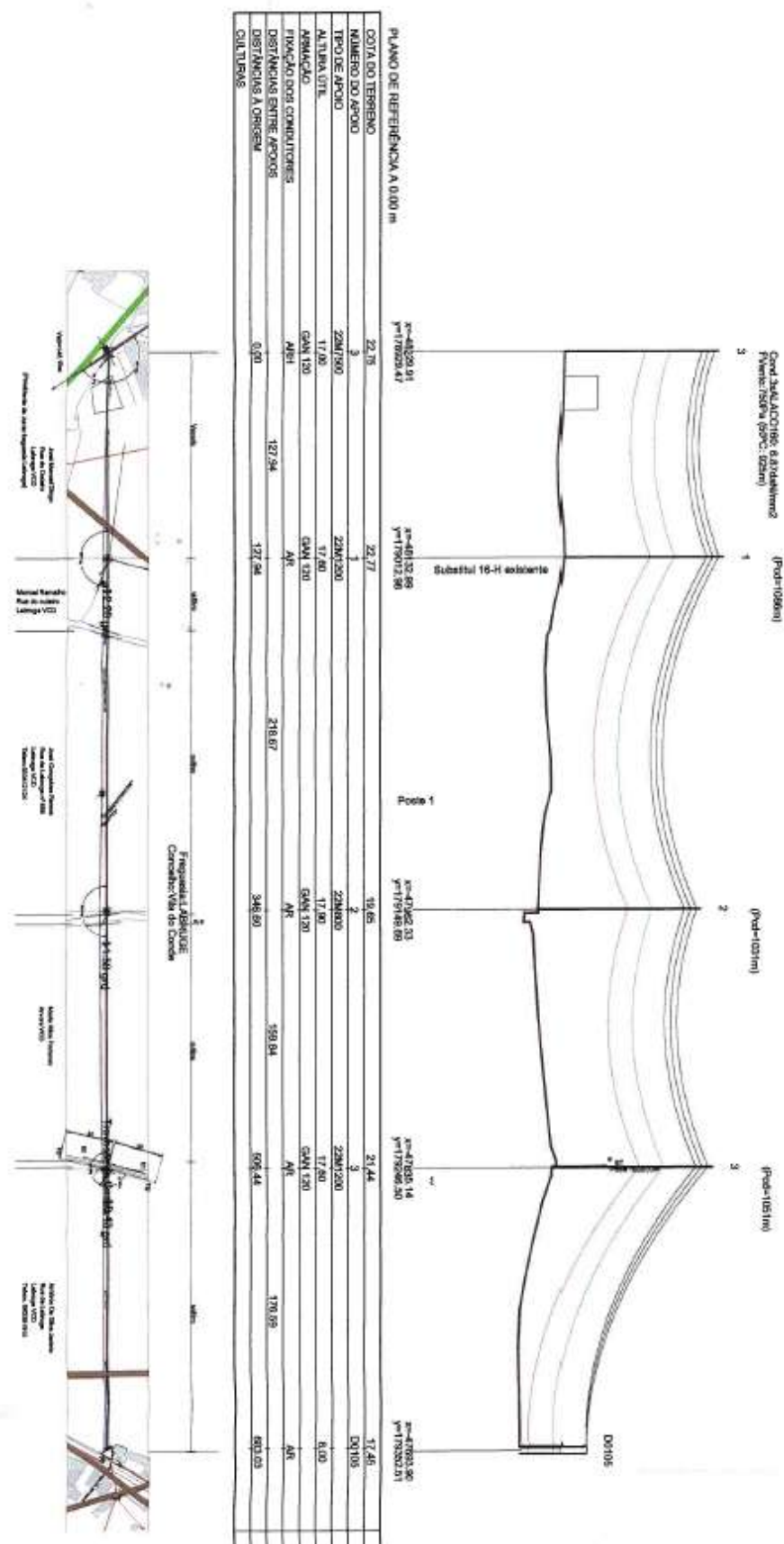


Ilustração 68 Simulação de obra de MT (continuação)

Projeto de propriedade da EDP Distribuição

Mat Aplic.	Betão		Ferro		Termoendurecível		Termoplástico
3 Postes	22M800	3.900€	24 Fxx WW	3.500€	3 * II 75	4.848€	6.525€
2 Postes	22M1200	2.000€	24 Fxx WW	4.000€	2 * II 70	2.996€	5.244€
2 Postes	22M7500	5.000€	24 Fxx WW	5.000€	2*H6	9.204€	16.108€
Abertura de cova	41,798 m3	1.340€	40 m3	1.282€	11,084 m3	355,34€	355,34€
Maciço em betão	38,593 m3	2.271€	30 m3	1.765€	7,928m3	466,52€	466,52€
Colocação >3<=8t	5 un	1.670€	7	2.338€	5 un	835€	835€
Colocação >8t	2 un	1.300€	0	0	2 un	650€	650€
Gruas especiais	7	3.500€	0	0	0	0	0
TOTAL CUSTOS		33.510,00€		47.885,00€		19.355€	29.434€

Ilustração 69 Tabela de comparação de custos

Com base numa tabela de características no sítio da Shakespeare Poles, podemos estimar o preço dos postes em sistemas compósitos à saída da fábrica (ilustração 69):

Classe	h (m)	força (daN)	peso (Kg)	diametro	1,8m abaixo solo	Termoplástico mp 3,5 €/kg	Preço de venda=MP* 1,3 (€)	Termoendurecível mp 2 €/kg	Preço de venda=MP* 1,3 (€)
II 75	22,82	1.049,18	621,43	0,64	1,40	2175,01	2.827,52	1242,86	1.615,72
II 70	21,34	576,07	576,07	0,64	1,40	2016,25	2.621,13	1152,14	1.497,79
H6	22,00	5.000,00	1.770,00			6195,00	8.053,50	3540,00	4.602,00

Ilustração 69 Cálculo estimado do preço dos postes em sistemas compósitos

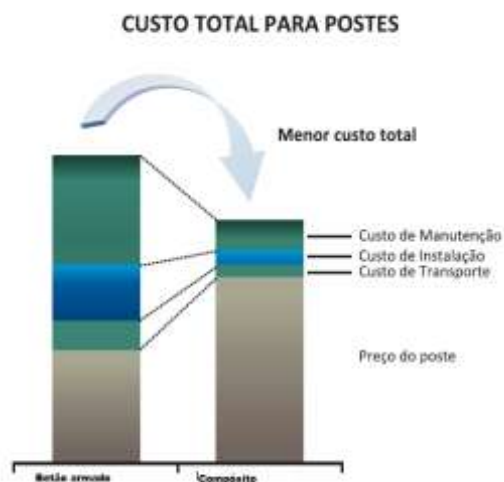


Ilustração 70 Comparação de custos betão/compósito

Explicação dos valores das ilustrações 68 e 69:

- Na tabela da ilustração 68 os valores dos apoios em betão e ferro foram fornecidos por empreiteiros qualificados que prestam serviço para a EDP Distribuição
- A tabela da ilustração 69 foi construída com base na informação das características dos apoios em fibra disponibilizada no sítio da internet da Shakespeare Poles.

Para a fundação de postes em compósito, sejam em matriz termoendurecível ou termoplástica, a Shakespeare Poles desenvolveu um produto de marca **PoleCrete** que dispensa a utilização de betão e mesmo o tapamento da cova após a sua colocação. Por este método é possível fixar um apoio em 15 minutos. Com este método, é anunciado na página dessa empresa como o fim do betão para a colocação de apoios.

Estudos análogos ao aqui apresentado levam à conclusão que será mais compensador para os utilizadores das tecnologias de postes, a utilização da tecnologia do compósito (ilustração 70 e 71). Em nossa opinião, num futuro breve, a tecnologia predominante neste segmento de mercado serão os postes em compósito mas de matriz termoplástica, dada a possibilidade de reciclagem e assim de se contribuir para uma maior proteção ecológica do nosso planeta.

Comparativo de características

Tipos de postes				
Fator de cálculo de custo	Fibra de vidro	Madeira	Metal	Betão
Tempo de vida (em anos)	50 a 80*	10 a 20	20 a 30	10 a 25
Peso	Mais leve de todos (2 a 4 vezes mais leve)	Peso intermediário	Leve, porém mais pesado que o de fibra	O mais pesado de todos
Custo de Transporte	Menor de todos	Pequeno	Médio	Alto
Pré-furação	Sim	Sim	Sim	Não
Custo de instalação	Menor de todos	Pequeno	Médio	Alto
Resistência à corrosão	Não susceptível à corrosão	Mais susceptível à deterioração por efeito de humidade	Altamente susceptível	Susceptível
Resistência ao ataque de pássaros, insetos, fungos	Não susceptível	Baixa resistência	Não susceptível	Não susceptível
Custo de Manutenção	Nenhuma	Alta	Média	Alta
Impacto ambiental	Nenhum	Tratado com produtos químicos tóxicos	Submetido a processo de galvanização (agressivo ao ambiente)	Não reciclável
Resistência do material em função do peso	Propriedades uniformes e controladas. Garantia de atendimento aos requisitos. Alta resistência	Propriedades não uniformes. Baixa resistência	Propriedades uniformes e controladas. Garantia de atendimento aos requisitos. Alta resistência	Propriedades uniformes e controladas. Garantia de atendimento aos requisitos. Média resistência
Aparência	Agradável, uniforme	Não Uniforme e com deformações	Agradável, uniforme	Agradável, uniforme
Custos intangíveis	Baixos	Altos	Altos	Altos
Custo Total do poste**	Menor de todos	Mais alto de todos	Intermediário	Intermediário

Ilustração 71 Tabela comparativa das tecnologias em estudo

Capítulo IX – Empreender a inovação



Ilustração 72 Slide em Power Point

Como é referido em [59], o mundo caminha para a substituição do metal pelos sistemas compósito, especialmente de matriz termoplástica, dado poderem ser reciclados.

Encaramos assim, como uma oportunidade, empreender inovações em sistemas compósitos.

No último estudo realizado pela Professora Aurora Teixeira da FEP-UP, 35% dos atuais alunos universitários, em Portugal, veem-se num futuro próximo como empreendedores. Estes valores estão próximos dos da Áustria e muito abaixo dos Estados Unidos (in Jornal de Negócios, 2 de Abril de 2009).

Ser empreendedor não depende só de uma boa ideia, nem mesmo de uma boa tecnologia, é necessário que essa ideia ou produto crie valor. Hoje em dia, empreender uma ideia e um produto ou serviço, tem tanto de científico, como o desenvolvimento de uma nova tecnologia. Não é só uma questão de estratégia ou de gerir a inovação. Quando pensamos em ser empreendedores temos de, em primeiro lugar, ter a visão do mercado global. Durante o Mestrado MIETE, são fornecidas ferramentas para que o empreendedor possa criar uma metodologia sustentada de modo a poder criar a sua Start-up, com possibilidades de vingar no seu mercado de atuação, qualquer que ele seja, será com certeza bastante agressivo.

Neste início de século, a conjuntura mundial não está a ser favorável ao investimento, dada a crise financeira atual, com início nos Estados Unidos com o *subprime*, que teve como consequência uma escassez de liquidez nas empresas, devido à queda abrupta no consumo. No entanto, é nestes momentos que a economia necessita mais dos empreendedores e

inovação. Com o empreendedorismo, são criados novos postos de trabalho, que por sua vez geram confiança no consumidor, abrindo novos mercados e produtos que por sua vez geram riqueza e fazem a retoma das economias. Mas nem sempre isto é perceptível aos investidores, tais como a banca e Capitais de Risco, que muitas vezes estão pressionadas no sentido de investirem nas grandes empresas, numa tentativa de salvarem alguns dos seus ativos e participações que nelas detêm, deixando as “boas ideias” na prateleira. É, em nosso ver, um mau princípio, dado que a história tem-nos demonstrado que o resultado acaba por ser ainda mais catastrófico, como poderíamos depreender se analisássemos a teoria dos ciclos de Kondratieff.

O desenvolvimento económico resulta de três categorias de fatores: fatores externos (como grandes encomendas da administração pública), fatores de crescimento gradual (atuado quotidianamente) e inovação (Teoria de Schumpeter), que seria o fator dominante [60]. A inovação será o fator que determina a evolução económica, atuando descontinuamente e impulsionando os ciclos longos de Kondratieff. Para Schumpeter, inovação não se restringe à invenção e patente; admite outras formas como sejam a descoberta de novas matérias-primas ou novas fontes de aprovisionamento, a inovação de mecanismos de tratamento e transporte de mercadorias, inovações organizativas nas empresas ou no comércio. Mas, para que as inovações se tornarem atuantes a ponto de influírem na evolução económica, elas têm de materializar-se (em equipamentos renovados e/ou empresas novas ou reorganizadas e/ou processos produtivos ou procedimentos renovados e/ou novos produtos) e para tal requerem uma componente subjetiva, personificada num empreendedor que introduz a inovação e é depois seguido por muitos outros, atraídos pelo exemplo de sucesso. Um exemplo eventualmente surpreendente é o procedimento ou a reorganização do funcionamento de mercado designado “*just in time*” que, uma vez surgido na indústria automóvel, se espalhou pelos mais variados setores industriais.] Gera-se, como ficou dito, uma avalanche de projetos inovadores com repercussão na afluência de crédito para o setor económico emergente, enquanto os setores tradicionais são penalizados [61]. Segue-se uma expansão económica, multiplicação de novas empresas, aumento do crédito e investimento, de receitas e de emprego, e subida de preços. É a “prosperidade”. O conflito de sucessos acabará por conduzir ao abrandamento do investimento; a previsão do sucesso torna-se duvidosa, as oportunidades oferecidas ao setor inovador esgotam-se, a taxa de juro sobe. Inicia-se então uma outra fase do processo económico, é a “recessão”. Nesta fase, fatores objetivos e subjetivos atuam no sentido da falência de empresas; o investimento e as receitas reduzem-se, a poupança e o crédito contraem-se, gera-se desemprego. Esta fase passa aquém do virtual estado

estacionário, e entra-se na "depressão". A depressão continua enquanto houver investimento mal sucedido e capacidade excessiva face ao nível de procura e até que uma reaproximação ao estado de equilíbrio se inicie, a "recuperação" ou "reanimação".

A inovação em contra ciclo é a única resposta eficaz contra a crise. Mas temos de pensar em inovação como uma forma de criar valor com as ideias. Uma das situações que provocam uma recessão mundial prende-se com o fator, globalização.

A globalização, tal como a conhecemos, é ainda muito recente, a globalização tomou a forma atual nos anos 80 com as telecomunicações e as tecnologias de informática e estendeu-se aos capitais, informação, cultura e consumo. O fenómeno é caracterizado pelo movimento diário de milhões de euros, por computador, nas bolsas de todo o mundo; é poder comprar o mesmo produto em qualquer parte do mundo; é a padronização dos produtos e de marketing a nível mundial, bem como da imagem junto dos consumidores [62].

Quando atuámos num mercado global em que as empresas são, em geral, grandes impérios que atuam em oligopólio (veja-se a Microsoft, Intel, AMD, todo o setor automóvel, Zara, Nestlé, segmento do mercado dos postes, etc...), o anúncio de uma inovação que possa através de um novo produto, ameaçar um destes gigantes da economia, torna-se numa tarefa árdua e muitas vezes inglória. Esta situação económica mundial, de empresas macro a atuarem em oligopólio, foi reforçada pela falência das políticas socialistas nos anos 80 do século passado. No entanto adivinha-se o fim desta política do capitalismo puro, dados os últimos sinais vindos dos Estados Unidos com a nacionalização (a primeira vez em toda a sua história) da seguradora AIG e outros agentes financeiros, de forma a evitarem um colapso económico.

Empreender em contra ciclo é uma oportunidade que não se deve desprezar, não a vemos como um ato de coragem, mas sim como um antecipar de uma nova economia que irá florescer e que premiará os pioneiros inovadores. De acordo com o mesmo estudo de Aurora Teixeira, 61,4% dos potenciais empreendedores receiam a falta de investimento para conseguirem promover as suas ideias e produtos inovadores. Pensamos que este fator não tem razão de ser, dado que em contra ciclo, os investidores procurarão investir os seus capitais fora das bolsas, pelo que mais tarde ou mais cedo, as boas ideias serão certamente reconhecidas.

As empresas macros atuam de uma forma “pesada”, i.e., têm pouca mobilidade para se adaptarem rapidamente às mudanças nos mercados, como a título de exemplo, referimos a reação da IBM relativamente ao aparecimento dos computadores pessoais (PC's de linha

branca). Muitas destas empresas atingiram o seu grau de declínio, tendo então de apresentar novos produtos, de forma a se antecipar a necessidades reais do mercado em constante mudança.

O projeto Polight pretende comercializar um produto radical (Breakthrough), na produção de postes em compósitos dotados de inteligência artificial (únicos no mundo), para um mercado existente (ilustração 73). Com este produto estamos a oferecer ao mercado vantagens competitivas e sabemos que as empresas atuais neste mercado, não têm mobilidade, nem capacidade técnica para responder de uma forma eficaz. Esta é a grande vantagem dos novos empreendedores, a antecipação, gerir a inovação na oportunidade.

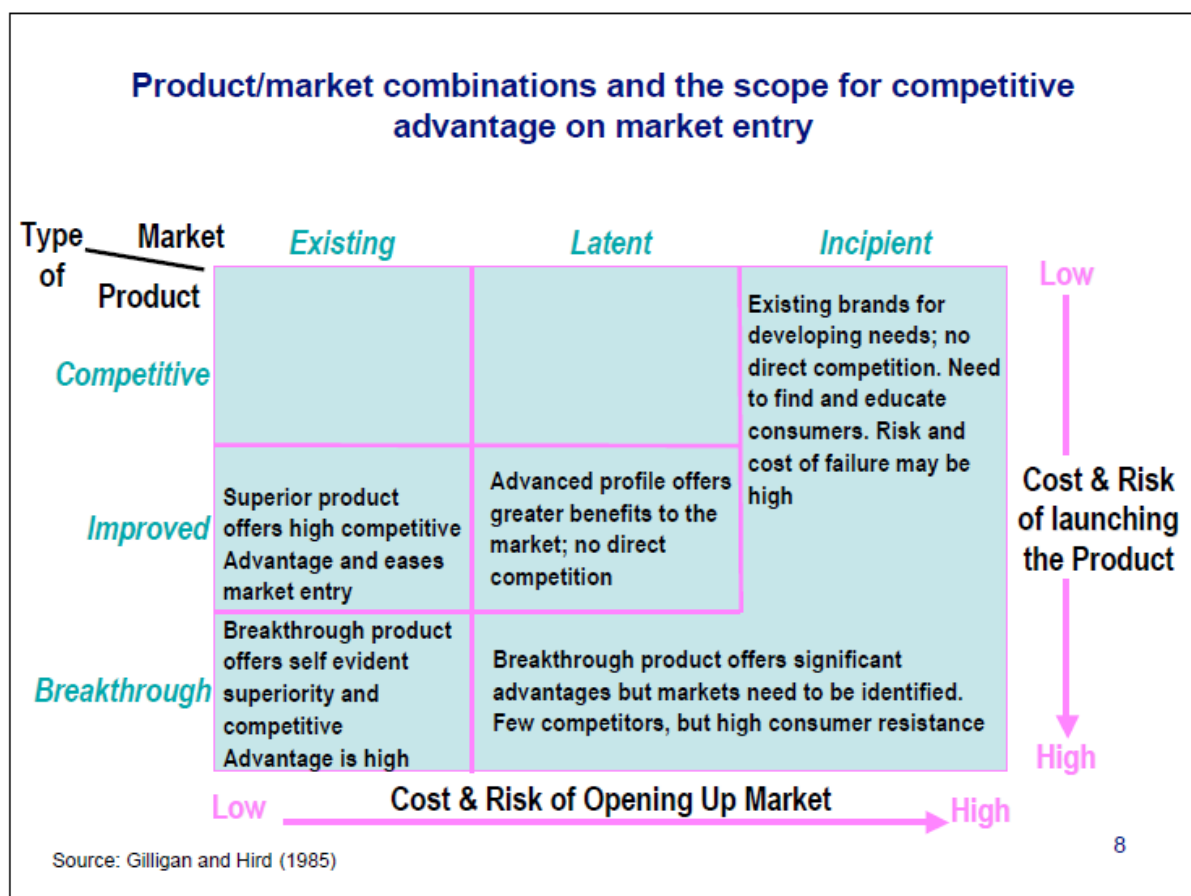


Ilustração 73 Combinações produto vs mercado

Quando iniciamos este curso de Mestrado no MIETE, foi com a clara intenção de empreender um novo produto inovador, mas dirigido a uma empresa específica, que no nosso caso seria a EDP, atuando com esta em parceria, dado estar ao serviço dessa empresa como projetista de linhas de MT, mas tal não foi possível. Com conhecimentos nas áreas da Gestão e da Engenharia Eletrotécnica, por formação académica, não desistimos do projeto, resolvemos antes empreendê-lo. No entanto sabíamos que a empresa que de lá saísse teria de ser global e este curso era importante para adquirirmos a técnica de gerir a criatividade, a estratégia, a

formação do produto a partir de uma tecnologia e elaborar um Plano de Negócios que fosse irrepreensível na sua forma e conteúdo. O facto de o curso abranger áreas tão vastas desde o Marketing às Finanças, passando pela Multimédia era algo que iria completar o nosso conhecimento de forma a poder projetar a *start-up* além fronteiras. O único senão desse curso é a falta de ligação, em parceria, ou de outras formas, com *Business Angels* e Capitais de Risco, para que pudéssemos afirmar que o MIETE estaria perto da perfeição em termos de conteúdo oferecido.

Se considerarmos que a sorte é apenas a oportunidade para uma preparação existente anteriormente, então poderemos que afirmar que o projeto Polight nasce com um pouco de sorte. Assim, no início do curso existia a predisposição para empreender. Mas empreender o quê e como? Sabíamos o que necessitávamos, mas não conhecíamos a tecnologia. Essa era a grande questão para a qual ainda não tínhamos uma resposta cabal. Ao longo do curso, fomos disponibilizadas algumas tecnologias para que a partir daí pudéssemos criar um novo produto. No entanto, é possível aprender estratégia se conhecermos muito bem o mercado e o tipo de produto que queremos empreender, doutra forma, estaríamos condenados a um tremendo insucesso. Isto é, se conhecermos bem o mercado da energia, não é aconselhável empreender um produto para o mercado das finanças, por exemplo, pois a falta de conhecimento da técnica e do mercado, levaria anos a fio para que alguma vez pudéssemos argumentar com clareza que a nossa inovação acrescentaria valor relativamente aos produtos existentes. Empreender um produto em que se não domine perfeitamente a técnica, poderá ser possível, se nos aliarmos a quem tem o conhecimento técnico, mas se não conhecermos bem o mercado, então não sabemos se estamos realmente a inovar. A inovação de um produto seja radical ou incremental, tem de ir mais além do que a invenção ou uma patente tem de ser comercializável, tem de ser competitivo e acrescentar valor a esse mercado.

Partindo do princípio, no nosso caso, que conhecíamos bem o mercado energético, por experiência profissional ao longo de 17 anos como Quadro Superior da EDP, tendo consciência perfeita dos problemas que existiam no estabelecimento de novas linhas para o transporte de energia, bem como dos problemas que resultavam do corte na transmissão da energia por avaria nessas linhas, a nossa intenção era poder encontrar uma tecnologia que com algumas modificações, pudéssemos produzir um produto que viesse colmatar as falhas desse segmento de mercado. Esta era a real intenção inicial.

Embora o curso MIETE seja dirigido, numa forma lata, para todos os que têm vontade de criar o seu próprio negócio, no nosso caso procurávamos uma tecnologia que pelas suas

características pudesse vir a transformar-se na solução já pré-definida. Mesmo assim, o MIETE ultrapassou as expectativas, já que procurávamos “uma agulha no palheiro”, mas a verdade é que os recursos do MIETE conseguiram dar uma resposta eficaz, graças à interação existente com outras instituições e variados investigadores. De qualquer forma, pensamos que todo o empreendedor, antes de começar o seu projeto, deverá responder para si mesmo, às seguintes questões:

1. Gostaria de ser empreendedor?

Esta é a questão fundamental que o candidato a empreendedor deve ter pronta resposta. Citando Bill Gates na sua última visita a Portugal, quando se dirigiu a um grupo de crianças, afirmou:” *Façam sempre na vida o que realmente vos dá prazer e pode ser, que algum dia venham a ganhar dinheiro com isso*”. O futuro empreendedor deve ter consciência que o seu objetivo principal, não será promover um produto com objetivos meramente financeiros, mas sim promover o seu ego! O produto que o empreendedor irá promover terá de ter a marca profunda da sua personalidade, da mesma forma que ligamos o nome Microsoft a Bill Gates.

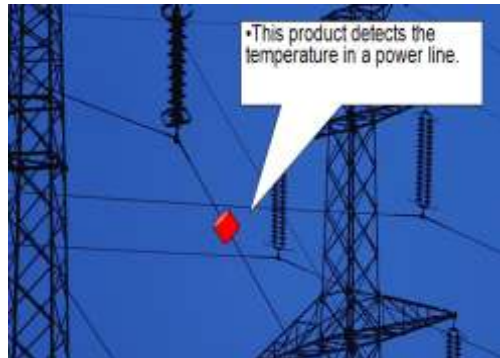
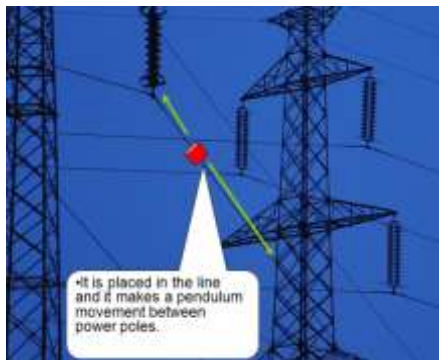
2. Em que mercado devo atuar?

A resposta a esta questão está interligada com a primeira, dado que se soubermos a área que mais nos dará prazer em trabalhar, logo estaremos a limitar os mercados de atuação. Não é, pois, razoável que alguém que tenha gosto pelas finanças desenvolva um produto tecnológico para a construção civil.

3. Quais os problemas desse mercado? Que soluções?

Um mercado geralmente apresenta mais do que um problema. Partindo do princípio que os produtos de sucesso são todos aqueles que façam o utilizador poupar tempo e recursos a um custo competitivo. O tempo é um recurso escasso para todos e não somente em casos de doenças terminais, por exemplo, ao decidirmos ir ver um filme é o tempo que nos restringe e não o dinheiro. Assim, se projetámos um produto, mesmo que isoladamente seja mais caro que o seu direto competidor, mas faça com que o utilizador poupe tempo, se a quantificação desse tempo acrescentar valor, então será um fator a levar em conta na escolha do produto a adquirir. No entanto, em países relativamente pobres, como é caso de Portugal, o baixo custo da mão-de-obra, poderá distorcer o real valor de uma tecnologia. Por exemplo, é comum vermos em países mais pobres, a construção de vias e infraestruturas, de uma forma lenta, utilizando-se inúmeros trabalhadores em vez de maquinaria. A explicação está em que o recurso à mão-de-obra é mais económico que o uso de maquinaria. Então o futuro

empreendedor deverá sempre optar pelo mercado global. O que se aplica para países subdesenvolvidos, não tem a mesma relevância para os países industrializados e vice-versa.



Nesta questão o empreendedor deve socorrer-se de uma equipa multifuncional, a não ser que já tenha a resposta de antemão. Como raramente isso acontece, aqui o METE é de fundamental importância, por oferecer a possibilidade de constituição de grupos heterogêneos que, por exemplo, em *Brainstorming*, poderão ajudar-nos a seleccionar algumas soluções. Estas soluções que o grupo apresenta, poderão não ser possíveis de concretizar. No nosso caso sabíamos que um dos problemas deste mercado energético, seria a falta de um produto que detetasse a continuidade elétrica numa linha de 15 kV. Sabíamos das dificuldades das empresas Distribuidoras em detetar possíveis pontos de rotura das suas linhas, levando em situações de intempérie a avarias, por corte da linha, devido aos chamados “pontos quentes”, i.e. desgaste natural de um condutor, num determinado ponto, que devido à passagem da corrente elétrica nesse ponto, vai provocando um aquecimento excessivo, levando-o à rotura e interrompendo a continuidade da transmissão de energia. Conhecendo a tecnologia dos sensores, desenvolvida pela UOSE do INESC Porto, desenhamos um produto inovador que iria solucionar o problema.

Esta solução, no entanto, não era viável com as tecnologias existentes. Partimos para o segundo problema que tínhamos identificado, sem abandonarmos em definitivo a resolução do anterior.

Um outro problema era o peso das tecnologias de betão e o elevado custo do ferro, para ser utilizado como suporte de linhas elétricas. Como éramos conhecedores das tecnologias, dos postes em compósito, usadas nos Estados Unidos desde os anos 60 do século XX, pela Shakespeare Poles, Strongwell, entre outras, sendo que essas tecnologias vinham a ganhar

terreno na Europa e Brasil, por exemplo, através da Petrofisa (empresa de origem italiana), achamos que a solução poderia passar pelo recurso ao material compósito.

Como não dominávamos esta área, socorremo-nos do Professor Doutor António Torres Marques. Este investigador da FEUP apresentou-nos um compósito desenvolvido no INEGI em cooperação com a Universidade do Minho. Em sucessivas reuniões com a sua equipa, Professor Doutor João Francisco Silva e com o Professor Doutor João Pedro Nunes, foi-nos explicada esta tecnologia. Conclui-se que esse semi-produto apresentava as características ideais para o desenvolvimento de postes em compósito, inovadores, já que se distinguia de outros postes em compósito, existentes no mercado, por se tratar de um material de matriz termoplástica, reforçada com fibras de vidro (contínuas), conferindo-lhe uma resistência muito superior ao aço e um peso incomparavelmente muito inferior ao betão.

A partir dessa tecnologia, cabia-nos desenvolver os produtos que fossem competitivos no mercado e acrescentassem valor, relativamente às tecnologias tradicionais.

No nosso entender esta será a forma mais correta e mais direta de se empreender um produto inovador.



No MIETE foi-nos proposto que a partir de uma tecnologia, a equipa desenvolvesse um produto comercial e a partir daí identificasse os mercados para esse produto. Discordamos deste método, pela simples razão, que ao cientista de nada valeria desenvolver uma vacina para um vírus desconhecido ou inofensivo, pensando que no futuro esse vírus poderia vir a ser uma ameaça e a sua vacina um sucesso. Ou seja, para haver produto comercial, terá de existir uma necessidade real e essa só poderá ser encontrada se existir um problema presente, em que a sociedade valorize a solução. Caso contrário corremos o risco de estarmos a empreender um produto, para um mercado em que nos sentimos pouco confortáveis, ou que não valoriza a

tecnologia. Uma pessoa que adora música deve empreender produtos para esse mercado e não soluções para estomatologia.

Critério a ter em atenção na identificação dos mercados potenciais:



Técnicas de resolução de problemas como o processo CPS – Creative Problem Solving e o Mapa Mental (Brainstorming).



Foi a partir destas técnicas que desenvolvemos o nossa produto. Em primeiro lugar, como já referimos, existia um conhecimento prévio do mercado. Assim tínhamos a perceção dos problemas:

- Os postes em betão são demasiado pesados
- Os postes em ferro ocupam demasiado espaço, são caros, condutores de energia e são corrosivos.
- As tecnologias em compósitos atualmente existentes e aplicadas em postes, não são recicláveis. Resolvem o problema mas criam outro mais grave, o do ambiente.

- Os postes atuais são meros suportes.
- Os postes de iluminação pública, nas tecnologias clássicas, não podem ser coloridos.

Pelas técnicas referidas e socorrendo-nos da ajuda de pessoas fora da área deste mercado e mesmo fora do MIETE, apresentamos as seguintes soluções com base em sistemas compósitos:

- Poderemos produzir postes coloridos.
- Postes recicláveis.
- Postes leves e resistentes.
- Podemos incorporar sensores e tornar os postes dotados de inteligência artificial, que comuniquem com os utilizadores.

Com a ajuda da UPIN, concluímos que este produto poderia, eventualmente, ser patenteado. Assim iniciamos o processo de pedido da patente “Postes estruturais em compósito de matriz termoplástica, reforçada com fibras de vidro”, cujo processo está a decorrer no INPI.

Denominamos este produto de POLIGHT e registamos a marca internacionalmente.

Um produto só poderá vingar, se o promotor dominar a técnica, ou garantir que é capaz de o produzir. Como no nosso caso, não dominávamos essa técnica, tornava-se imperativo, que para empreender este produto, a equipa a constituir, englobasse os investigadores que tinham desenvolvido o compósito, que estaria na sua base. Mas para que não existisse uma dependência excessiva, que pudesse colocar em risco o sucesso comercial do produto, era necessário garantir a sua exequibilidade a partir das instituições, até porque se avinhava uma

forte barreira por parte das empresas produtoras das tecnologias clássicas.



Ilustração 74 Projecto Polight

Entregamos o pedido de patente às instituições, Universidades do Porto, Minho e do INEGI, que licenciariam em exclusividade uma empresa que viesse a promover os produtos patenteados e estas, em troca de royalties, garantiriam a colaboração. Nascia assim o Projeto Polight, a 7 de Maio de 2008, com a assinatura de um acordo de cooperação.

Capítulo X - Plano de Negócios

10.1 O Plano de Negócios.

Quando elaboramos um Plano de Negócios, temos também de esquematizar dia após dia como será a atuação da nossa empresa no mercado para onde vamos competir. Temos de analisar a concorrência, ponderar as ameaças, não subestimar a empresas que atuam nesse mercado, esperar uma reação face à nossa ação, conhecer a nossa equipa, os nossos pontos fortes e fracos (realizar corretamente uma análise SWOT).

Um Plano de Negócios nunca está concluído, nem nunca será perfeito. Tal como o treinador de uma equipa muda a tática ao longo do jogo e faz as substituições adequadas, o empreendedor, terá de estar sempre atento à reação do mercado e atualizar continuamente o seu Plano de Negócios. Mesmo uma simples mudança do estado do tempo poderá fazer com que se altere uma determinada ação planeada no Plano de Negócios. No entanto, o esquema estratégico, nunca deve ser muito alterado, sob pena de nos perdermos no objetivo final. Isto é, se nos propusemos a produzir postes, devemos sempre prosseguir essa missão, não devemos cometer o erro de cegamente produzir os postes que o mercado já não quer, ou demasiado avançados para as reais necessidades do mercado.

Mesmo antes do início da produção, o Plano de Negócios deve ser sempre revisto periodicamente, pois as mudanças económicas e as oscilações financeiras, na bolsa por exemplo, influenciarão os modos e tipos de investimento e o nosso Plano de Negócios deve estar sempre atualizado.

Para tudo é sempre necessário um início. Neste capítulo, pretendemos apresentar os fundamentos que estiveram na base do nosso Plano de Negócios, ou poderemos afirmar nos nossos Planos de Negócio, dado que o que saiu do MIETE teve melhoramentos, por aprofundamento do estudo e comportamento do mercado relativamente aquele que chegou à final do Prémio START ou ao que venceu o Prémio BES Inovação, que por sua vez também difere do que foi selecionado para o Barcelona HIT'09.

Todos eles tinham uma coisa em comum, a missão. O objetivo sempre foi produzir postes em compósito, de uma forma inovadora. Mas como estes prémios foram em datas diferentes, o Plano de Negócios, foi sempre atualizado, ora adaptando-se ao contexto da economia mundial, ora adaptando-se às tendências desse mercado.

É a nosso ver, errado apresentar o mesmo Plano de Negócios para o mercado brasileiro e para o mercado europeu. O primeiro valoriza a produção de postes para energia, até 12 metros, o segundo dá mais significado à produção de postes para a iluminação e postes de elevado porte para o transporte de energia. Culturas diferentes, com relevos de terrenos diferentes, com climas diferentes, têm necessariamente diferentes necessidades. Os próprios recursos variam de país para país. Se pensássemos que o nosso negócio era de produzir aparelhos de ar condicionado e sistemas de aquecimento, mesmo que soubéssemos que poderíamos vender 10 milhões de aparelhos de aquecimento ao ano na Antártida, uma empresa brasileira do Rio de Janeiro, iria valorizar mais as vendas de aparelhos de ar condicionado. Era-lhes difícil pensar em produzir aquecedores num clima tropical, quando o seu mercado atual não valoriza esse produto. Então devemos, dentro dos mesmos níveis de investimento, desviar as linhas de produção para as necessidades do mercado em que procuramos parcerias de produção e vendas.

Até aonde poderíamos ir no nosso investimento? Seria razoável pensar num investimento de 30 milhões de euros e comprar toda a maquinaria de produção para todo o tipo de postes em compósito? Seguramente que ficaríamos pelo papel, quaisquer que fossem os “números bonitos” que pudéssemos apresentar, nunca se conseguiria um investidor. No MIETE, durante as aulas, foi-nos transmitido que os níveis de investimento teriam de ser proporcionais às nossas capacidades de realização de Capital Próprio. São fornecidas ferramentas financeiras, essenciais para o desenvolvimento técnico-económico do Plano de Negócios.

Levando em conta que um investimento deve ter um retorno, calculado por uma TIR – Taxa Interna de Rentabilidade, que dependendo da conjuntura económica, deverá ser sempre superior a 30%, de acordo com as lições de José Miguel Oliveira (MIETE), dado o levado risco que uma *start-up* acarreta e que a esta TIR, devemos acrescentar a taxa de desconto, que mais não é que o pagamento de juros dos capitais alheios e prémio de risco pelo investimento.

Noção de taxa de juro [63]

- *Em termos conceptuais, a taxa de juro traduz o preço relativo de troca entre um bem que está disponível hoje e um bem idêntico que está disponível apenas no futuro, sendo que ambos são transacionados no presente.*
- *Assim, a taxa de juro **traduz uma recompensa por se trocar consumo presente (que eu poupo) por consumo futuro.***
- *Sendo assim, se eu pensar que no futuro vai haver maior abundância de bens que no presente, então, atendendo apenas a este efeito, os “bens do futuro” valerão menos que os bens do presente.*
- ***Desta forma, quem empresta hoje tem que receber mais no futuro (um efeito positivo na taxa de juro).***

Hoje tenho 10 bens “tipo A” e existem no total no mercado 1000 bens “tipo A”. Dentro de um ano prevejo que existam no mercado 1200 bens “tipo A”.

Então só aceito emprestar os meus 10 bens “tipo A” agora, recebendo mais do que 10 dentro de um ano (caso contrário fico “pior”, porque os meus 10 valerão menos, são menos escassos).

Em termos simplificados, poderemos dizer que para calcular o nosso nível de investimento, devemos ter em conta a nossa capacidade de realização em Capitais Próprios (Capital Social da empresa) e a rentabilidade que pensamos poder oferecer ao investidor. Isto é, sabendo o preço do produto concorrente e o valor acrescentado que o nosso produto irá trazer, poderemos definir o nosso preço de entrada. Se calcularmos a percentagem de mercado que prevemos ganhar, ou seja as vendas para um período de 5 anos, teremos as necessidades de produção.

Para estes cálculos, teremos de conhecer bem a capacidade de produção, tanto da maquinaria como dos recursos humanos que iremos envolver. No nosso caso, pedimos ao INEGI que nos apresentasse o cálculo, para máquinas e recursos humanos, para uma determinada produção pretendida, que iria de encontro ao estudo de mercado realizado, através de consultas a empresas potenciais clientes, como Distribuidoras de Energia e fabricantes de candeeiros para

a iluminação pública. Não limitamos este estudo só a Portugal, o nosso estudo incidiu sobre em três continentes, Europa, África e Brasil.

Para as várias simulações usamos uma ferramenta que nos foi fornecida por José Miguel Oliveira, muito úteis, que nos ajudaram a calcular a quantidade de máquinas, para uma produção ótima, bem como todos os indicadores necessários ao nosso Plano de Negócios.

O empreendedor deve ter sempre a noção que lhe caberá cumprir o que está a projetar no seu Plano de Negócios. Caso contrário está-se a colocar a ele próprio em risco. O investidor vai com certeza, exigir um compromisso do empreendedor, com fortes penalizações, caso este não cumpra o seu Plano de Negócios.

10.2 Técnicas para um Plano de Negócios.

Antes de se passar ao Plano de Negócios, torna-se necessário um estudo profundo do nosso mercado, como já antes referimos.

A título de demonstração, apresentaremos aqui, algumas das folhas de cálculo do plano financeiro relativo ao Plano de Negócios que venceu a IV Edição do Prémio BES Inovação 2008.

Estudos realizados com base nas 5 forças de Porter (ilustração 75):

Identificamos os principais fornecedores: (Owens Cornig e Vetrotex)

O poder dos fornecedores neste mercado é enorme. A situação para ultrapassar este ponto desfavorável, seria produzir o nosso próprio compósito. Assim, passamos a idealizar o nosso Plano com base na produção do towpreg, desenvolvido pela U.Minho e INEGI. É precisamente nesta dissertação que pretendemos concluir se essa possibilidade é uma opção ao atual mercado.

Substitutos: As tecnologias de betão e aço estão há muito implantadas neste setor, existe uma forte relação entre as empresas produtoras dos produtos substitutos, que atuam em oligopólio, com os clientes, que estão organizados em monopólio, ou quando muito em oligopólio (setor energético). Nesta situação, para além das fortes relações inter-empresariais, existem também fortes relações interpessoais entre os dirigentes das empresas atuantes neste mercado. A forma de se ultrapassar esta barreira, será atuar no mercado global.

Clientes: O poder de negociação dos clientes, ainda é superior ao dos fornecedores. No mercado energético, os clientes são monopolistas (Portugal, França, por exemplo) ou em

oligopólio (Espanha, Brasil, por exemplo). A forma de ultrapassar esta barreira, será projetar o negócio com produtos alternativos, tais como postes para a iluminação pública, perfis para estruturas, dotar os postes de tecnologias complementares inovadoras, como inteligência artificial, entre outros.

Novos Concorrentes: As ameaças dos novos concorrentes vêm de todo o mundo, sobretudo com a compra da Shakespeare Poles, empresa americana, por parte da Philips. Existem outros, como a Petrofisa em Itália e na América do Sul. Tendo na Alemanha, Holanda, Espanha e Suécia, surgido empresas com forte atuação e conhecimento em sistemas compósitos, capazes de a qualquer momento entrarem neste mercado.

Concorrentes do Setor de Atividade: Aqui reside a nossa vantagem, já que os concorrentes atuais, com a exceção das empresas americanas, são praticamente inexistentes.

Feito este estudo, torna-se necessário fazer uma cuidada análise SWOT (ilustração 76), para identificarmos os fatores externos à empresa, as Oportunidades e Ameaças e os fatores intrínsecos, as nossas Forças e Fraquezas.



Ilustração 75 As 5 forças de Porter

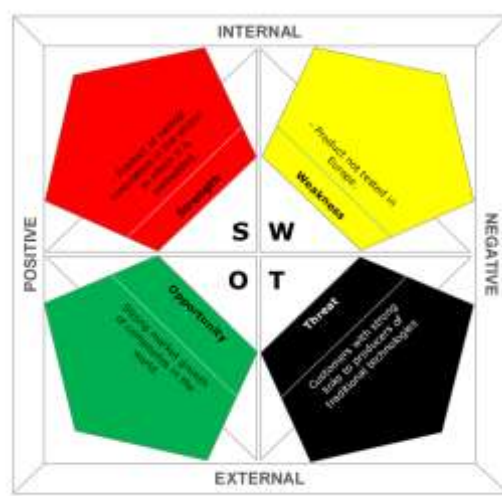


Ilustração 76 Análise SWOT

Os estudos Económico-financeiros:

Os que colocaremos nas nossas folhas financeiras será o que realmente nos propomos atingir, qualquer dado em falso, deitará por terra todo o trabalho anterior.

Nas mais de 35 empresas, financeiras e não-financeiras, com quem reunimos, umas vezes por nossa iniciativa, mas a maioria por iniciativa das empresas deste setor, foram-nos colocadas

questões de pormenor, quantas horas a indústria iria operar, com que operários, porquê o preço de venda ser x e não y, a política de salários, de gestão, a gestão da produção, qual o tempo de intervalo entre a mudança de produto, a manutenção, que FSE e justificação desses valores, como pretendemos vender o produto e a quem, entre muitas outras questões. Algumas vezes não estávamos preparados para responder de imediato, por não fazerem parte daquilo que imaginávamos não ter influência no negócio, por exemplo, quando nos pediram a primeira vez, o desenho (layout) pormenorizado da fábrica.

Deixamos aqui alguns números, que julgamos consistentes, para termos uma visão geral, de uma análise financeira.

Macroeconomia							
Milhares de Euros	12m09	12m10	12m11	12m12	12m13	12m14	12m15
Taxa de Juro dos financiamentos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Taxa de Inflação	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
Aumento dos salários (acima da inflação)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Aumento da electricidade (acima da inflação)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Taxa de IRC	27,5%	27,5%	27,5%	27,5%	27,5%	27,5%	27,5%
Dias por ano	360	360	360	360	360	360	360

Tempos Médios							
Milhares de Euros	12m09	12m10	12m11	12m12	12m13	12m14	12m15
Prazo médio de P Acabado	15	15	15	15	15	15	15
Prazo médio de Matérias-Primas	15	15	15	15	15	15	15
Custo-padrão por poste produzido	0,219	0,214	0,223	0,214	0,213	0,212	0,209
Disponibilidades imediatas (3% das vendas)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Prazo médio de pagamento (dias)	30	30	30	30	30	30	30

Postes Distribuição				Volume de Vendas			
Milhares de Euros	12m09	12m10	12m11	12m12	12m13	12m14	12m15
Projeção de vendas (unidades)	200	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
Preço unitário (em M Euros)	1,90	1,96	2,02	2,08	2,14	2,20	2,27
Prazo médio de recebimento (dias)	90	90	90	90	90	90	90
Nota: projecção para postes estruturais de Média Tensão de 22m com um esforço de 2750 daN							

Postes de Iluminação e BT				Volume de Vendas			
Milhares de Euros	12m09	12m10	12m11	12m12	12m13	12m14	12m15
Projeção de vendas (unidades)	10.000	20.000	25.000	40.000	45.000	55.000	70.000
Preço unitário (em M Euros)	0,25	0,26	0,27	0,27	0,28	0,29	0,30
Prazo médio de recebimento (dias)	90	90	90	90	90	90	90
Nota: Projecção de vendas de postes 6m, 8m e 9m preço médio ponderado (postes Equipamento Urbano e Baixa Tensão)							

VENDAS TOTAIS		Volume de Vendas					
Milhares de Euros	12m09	12m10	12m11	12m12	12m13	12m14	12m15
Projeção de vendas (unidades)	10.200	21.000	26.500	42.000	47.500	58.000	73.500
Preço unitário (em M Euros)	0,28	0,34	0,36	0,36	0,38	0,39	0,39
Prazo médio de recebimento (dias)	90	90	90	90	90	90	90

Imob. Corporeo- Equipamento Basico							
Milhares de Euros	12m09	12m10	12m11	12m12	12m13	12m14	12m15
Características das máquinas							
N de máquinas (enrolamento filamento)	1	1	1	2	2	2	3
Custo da máquina (4 eixos)	800	824	849	874	900	927	955
N máquinas (towpreg+robot+eq)	1	1	1	1	1	1	1
Custo do EQ Towpreg e secagem	200	206	212	219	225	232	239
Produção de postes/hora	12,0						
Produção ano (12h*220d)	31.680	31.680	31.680	63.360	63.360	63.360	95.040
% de defeituosos	5%	4%	3%	2%	2%	2%	2%
Capacidade instalada	30.096	30.413	30.730	62.093	62.093	62.093	93.139
Trigger	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Folga da fábrica	19.896	9.413	4.230	20.093	14.593	4.093	19.639

Milhares de Euros	12m09	12m10	12m11	12m12	12m13	12m14	12m15
EBITDA	808	2.388	3.359	5.898	7.111	9.169	12.105
Imposto sobre o rendimento	8	-484	-709	-1.172	-1.579	-2.070	-2.747
Variação do fundo de maneoio	-833	-620	-451	-1.036	-350	-733	-1.038
Pagamento das máquinas	-1.500	-200	0	-874	0	0	-955
Custos de arranque	-500	0	0	0	0	0	0
Pagamento dos juros	0	0	0	0	0	0	0
Serviço da dívida (QREN)	1.800	-257	-257	-257	-257	-257	-257
Injecção de capital	600	0	0	0	0	0	0
Variação de caixa	382	827	1.942	2.559	4.925	6.109	7.107
Excedente de caixa inicial no balanço	0	382	1.210	3.152	5.711	10.636	16.745
Excedente de caixa final no balanço	382	1.210	3.152	5.711	10.636	16.745	23.852
Variação de caixa	382	827	1.942	2.559	4.925	6.109	7.107

Custos diversos							
Milhares de Euros	12m09	12m10	12m11	12m12	12m13	12m14	12m15
Custos diversos							
Custo total da energia	15	15	18	18	21	24	27
Licenças e Plano Negócios	500	0	0	0	0	0	0
Manutenção das máquinas	10	10	11	11	12	13	14
Seguros	10	10	10	10	10	10	10
Marketing	200	200	200	200	200	200	200
Aluguer de IT	10	10	11	11	11	12	12
Deslocações/estadas	25	25	50	50	50	50	50
Higiene e segurança	5	5	5	5	5	5	5
Comunicação	5	5	10	10	10	10	10
Água	5	5	10	10	10	10	10
Envargo com viaturas de serviço	3	3	6	6	6	6	6
Aluguer camiões	20	20	30	30	50	50	50
Renda da fábrica	50	50	50	50	50	50	50
Total	858	359	411	411	435	440	444

Imob. Corporeo / Amortizações do Exercício							
Milhares de Euros	12m09	12m10	12m11	12m12	12m13	12m14	12m15
Taxa de amortização	10%	25%					
Imobilizado Bruto (enrol)	800	800	800	1.674	1.674	1.674	2.629
Imobilizado Bruto (towp)	200	200	200	200	200	200	200
Camiao	0	0	0	0	0	0	0
Moldes	200	400	400	400	400	400	400
Total do Imb. Bruto	1.200	1.400	1.400	2.274	2.274	2.274	3.229
Amortizações (enrol)	80	80	80	167	167	167	263
Amortizações (towp)	20	20	20	20	20	20	20
Amorti camiao	0	0	0	0	0	0	0
Amort. Moldes	20	60	60	60	60	60	60
Total do Amort.	120	160	160	687	247	247	343
Imobilizado Líquido	1080	1120	960	1147	899	652	1264

Ilustração 77 Plano de Negócio

(Referência: José Miguel Oliveira, MIETE)

O Sumário Executivo

É, com certeza, o documento mais importante do nosso Plano de Negócios. É o documento que o potencial investidor irá ler.

Este documento, não deve ultrapassar as três folhas A4, se possível, uma a duas folhas A4, será o ideal. No caso do prémio START, só é permitida a apresentação do Sumário Executivo com um máximo de 750 palavras em letra 10.

O Sumário Executivo deve conter o essencial de todo o Plano de Negócios Níveis de financiamento e investimento, valor esperado para o EBITDA, crescimento, vendas, Recursos Humanos e, sobretudo, transmitir a mensagem que acreditamos na nossa ideia e no negócio que nos propomos empreender.

Terminado o Plano de Negócios, partimos para a fase de angariação do investimento necessário ao arranque.

As necessidades de investimento devem sempre conter o valor da primeira matéria-prima, que de acordo com a projeção de vendas, poderá ser um valor elevado.

Empreender um produto com provas dadas, já é algo difícil neste mundo de negócios, dominado por empresas de grande dimensão. Empreender um produto que ainda não exista, parece ser uma missão impossível.

10.3 Negociações

Chegado a esta fase, criamos uma empresa irregular denominada Ownersmark SA, com NIPC mas sem início de atividade. Com esta empresa pretendia-se dar resposta à questão de como reagiria o mercado português face ao anúncio da entrada de uma empresa com um produto inovador.

A equipa promotora apresentou o seu projeto a uma empresa potencialmente cliente e monopolista em Portugal, a empresas fornecedoras deste tipo de tecnologia (postes), a investidores e Capitais de Risco, nacionais e internacionais.

Este estudo teve duas fases distintas. Na primeira fase, após assinarmos um acordo com a Universidade do Minho, Universidade do Porto e com o INEGI, propusemos à empresa potencialmente cliente, a partilha dos direitos da patente em troca do financiamento para a produção de alguns protótipos à escala real, para testes.

Na segunda fase, após termos a reação da empresa potencialmente cliente, tentamos junto de empresas fornecedoras da tecnologia tradicional e de outras não ligadas diretamente a esta tecnologia, mas com ligações à empresa portuguesa potencialmente cliente, partilhar o empreendedorismo deste projeto.

Capítulo XI - Financiamento

Os empreendedores de um produto com origem em uma tecnologia existente ou desenvolvida para um produto terão de ganhar a credibilidade junto do mercados que estão a atuar. A melhor forma de fazer uma ideia ganhar consistência, é que ela seja sustentada por pessoas e entidades credíveis.

Sabíamos, do MIETE, das aulas de Nuno Garcia, que as possíveis fontes de capital (ilustração 78), poderiam vir dos Anjos de Negócio (Business Angels), das Capitais de Risco, ou de parcerias com empresas deste mercado.

MIETE MESTRADO EM INOVAÇÃO E EMPREENDEDORISMO TECNOLÓGICO FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO Faculdade de Economia do Porto ESAD Escola Superior de Artes e Design de Matosinhos		
Fontes de Financiamento		
Geradas pela actividade da empresa	> Auto financiamento (RL+AM+AJ)	Capital Próprio
Sócios/Accionistas	Capital Social	Capital Próprio
	Prestações Suplementares	Capital Próprio
	Suprimentos (Empéstimo de Sócios)	Capital Alheio
Capital de Risco (SCR, FCR, BA)	Participação no Capital da Empresa	Capital Próprio
Mercado de Capitais	Acções (dispersão em bolsa)	Capital Próprio
	Obrigações (Empréstimo MLP)	Capital Alheio
Crédito Bancário	Empréstimo CP (Descoberto, CC)	Capital Alheio
	Empréstimo MLP	Capital Alheio
	Garantias, Avals e Aceites	Capital Alheio
Empresas de Leasing	Locações	Capital Alheio
Empresas de Factoring	Antecipação de créditos sobre terceiros	Capital Alheio
Fornecedores	Crédito de fornecedores	Capital Alheio

Ilustração 78 Fontes de financiamento

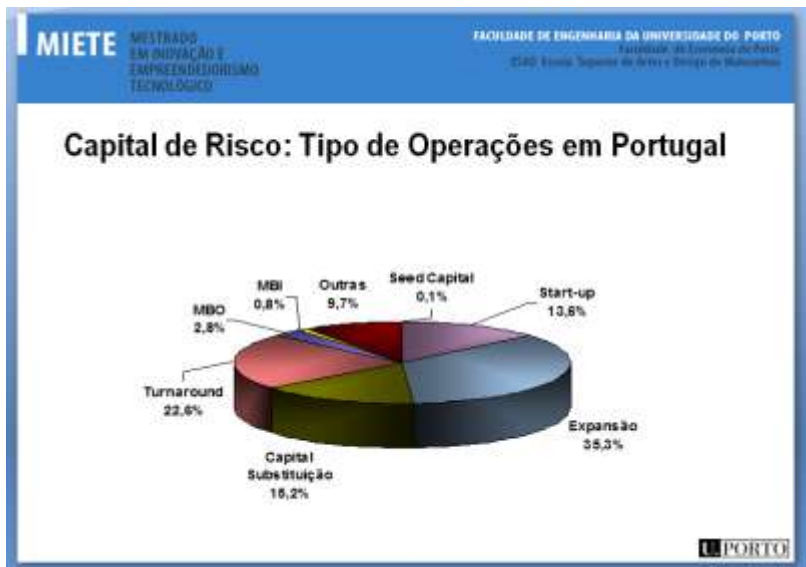


Ilustração 79 Capital de Risco

No nosso caso e na maioria das *start-up's* as únicas fontes de financiamento possíveis serão as sociedades de capitais de risco (ilustração 79), investidores particulares, ou empresários e empresas.

Depois de alcançarmos a final do Prémio START e vencer o prémio BES, submetemos o pedido de financiamento à INOVCAPITAL, CAIXA BI, BPI e à ES Venture. Não se tendo obtido até à data, qualquer resposta definitiva.

Restava-nos as parcerias empresariais e investidores particulares. Pela experiência vivida, os empreendedores de *start-up's* não devem fornecer demasiados dados aos potenciais investidores (sejam particulares ou empresas), dado que a maioria tem apenas como objetivo conhecer e travar a ameaça.

Como o projeto foi, ao longo do tempo, anunciado em todos os grandes meios de comunicação, mais empresas, do setor e investidores nos contactaram, mas poucos apresentaram uma proposta credível de financiamento. Ou quando apresentavam propostas de partilha do negócio, desistiam quando conheciam a posição da empresa portuguesa, monopolista no setor da energia e potencial único cliente. As propostas mais aceitáveis vieram de investidores estrangeiros, através de uma empresa gestora de negócios.

11.1 Estará o potencial cliente aberto a este tipo de inovação?

Para este estudo, como já referimos, criamos a empresa irregular Ownersmark SA, sem início de atividade. As negociações, para partilha da inovação, iniciaram-se em Março de 2007 e terminaram em Março de 2008.

Como potenciais clientes elegemos duas empresas Ibéricas, uma monopolista em Portugal no setor de atividade da energia e outra em Espanha, com sede em Portugal.

A proposta era: Partilha de 50% dos direitos da patente com as Universidades do Porto e Minho e INEGI, em troca do financiamento para a produção à escala real de protótipos de postes para a Baixa Tensão, Média Tensão e Iluminação Pública.

Os dados obtidos foram os seguintes:

Reuniões obtidas para apresentação da inovação	Resposta a pedidos escritos via carta, para financiamento dos protótipos	Respostas aos e-mails para obtenção da posição dessas empresas, relativamente à proposta realizada.
Duas, com a empresa portuguesa	Zero.	Zero.

Ilustração 80 Resultados das relações com empresas Distribuidoras

Dado, como é do conhecimento público, que estas empresas apresentam-se como inovadoras e apoiantes da inovação, seria de esperar um apoio envolvente desta tecnologia, em virtude de serem as mais beneficiadas com a utilização da mesma. No entanto, verificou-se que ao contrário do aconteceu nos Estados Unidos da América, em que as empresas Distribuidoras de energia elétrica trabalharam em parceria com a Strongwell para o desenvolvimento do produto final, aqui na Península Ibérica, não se obteve qualquer apoio (ilustração 80).

Com o resultado deste estudo, que como referimos, realizado durante um ano, partimos para a segunda fase.

Depositou-se a patente no INPI a favor das Universidades do Porto e Minho e do INEGI.

A inovação foi amplamente anunciada em toda a imprensa nacional e em vários sítios eletrónicos de todo o mundo, especialmente no Brasil e em Angola.

Face a este anúncio nos *mídia*, fomos contactados por mais de 35 empresas (contabilizamos as mais importantes no setor) e investidores, para conhecer o projeto.

A nossa proposta aos potenciais investidores foi sempre do mesmo modo a seguinte:

- Valor do investimento: 500.000 euros
- O promotor dedicava-se em exclusividade ao projeto
- Os investigadores associados apoiavam tecnicamente o projeto

- A maioria da empresa seria detida pelo investidor
- Os promotores não realizavam capital nos próximos 5 anos.

Realizaram-se cerca de 140 reuniões com as Administrações de 35 empresas, nacionais e internacionais, obtendo-se os seguintes resultados:

Empresas e investidores Contactados ou que nos contactaram	Reuniões efetuadas com empresas e investidores	E-mails trocados Entre promotor e empresas	Apresentaram Proposta, mas abandonaram após conhecerem a posição do possível cliente monopolista e/ou dos investigadores	Abandonaram as negociações por fatores ligados ao risco económico	Não apresentaram qualquer proposta
35	105	>1.000	14	14	7
100%	Média 3	Média 40	45%	40%	20%

Ilustração 81 Resultados das negociações com empresas do setor

11.2 Análise dos dados

Dos resultados acima e de acordo com as justificações obtidas pelos potenciais investidores, podemos considerar o seguinte.

Fatores preponderantes para o insucesso (6-muito grave; 1-menos grave):

Falta de protótipo válido	Tecnologia towpreg não validada	Promotores não realizam capital	Investigadores não pretendem dedicar-se em exclusividade	Cliente monopolista não apoia a inovação	Crise económico-financeira atual
5	1	3	4	6	2

Ilustração 82 Análise dos resultados. Grau de importância

Com base nestes dados, podemos aferir o seguinte. A possibilidade de se empreender um produto que não esteja desenvolvido em protótipo terá uns 40% de hipóteses de ser credível para os investidores (ilustração 81), mas logo essa percentagem passa a zero, quando conhecem que a posição dos tecnólogos é de não empreenderem a o produto tecnológico. O facto do cliente monopolista não se envolver na inovação proposta foi igualmente um fator essencial em Portugal para que os potenciais investidores se afastassem. Os investigadores envolvidos ao não se apresentarem como disponíveis para empreender o projeto em exclusividade, conferem-lhe um grau de confiança reduzida, a acrescentar o facto de os

promotores não realizarem capital, faz com que o risco seja totalmente colocado no lado dos investidores.

Neste caso particular, o facto de o “*towpreg*” não estar totalmente desenvolvido para fins industriais, não conferiu garantias de sucesso a esta tecnologia, mas consideramos este fator pouco gravoso, dado existir no mercado o seu substituto – o Twintex™.

As propostas válidas, recebidas após conclusão deste estudo, vieram de investidores e empresas originárias de países estrangeiros, nos quais é mais habitual confiarem nas patentes e no Desenvolvimento e Investigação do que em Portugal.

Capítulo XII - Conclusão

No continente americano a grande concorrência ao compósito vem da madeira. No entanto, dada esta tecnologia necessitar de grande manutenção e libertar substâncias nocivas, quando tratada, os postes em compósito estão a ganhar terreno em relação à madeira.

No Brasil, tem-nos chegado cada vez mais interesses (de várias empresas e Estados) em implementar as tecnologias em compósito de matriz termoplástica, dada a possibilidade de reciclagem que esta apresenta. O que se pode concluir que o mercado cada vez mais valoriza o aspeto ambiental.

A Europa está a implementar fortemente os produtos em compósito, se levarmos em consideração as conferências internacionais e certames sobre sistemas compósitos, bem como a procura de maquinaria para produção de produtos com base nestes mesmos sistemas.

No entanto ainda não se conhecem postes em matriz termoplástica com transmissão via GPRS, como concluiu o INPI na sua opinião escrita de 09 de Março de 2009 sobre o pedido de patente com a referência 104301.

Como podemos também verificar, os postes desenvolvidos pela Strongwell tiveram uma estreita colaboração das companhias utilizadoras. Lamentavelmente em Portugal, essas mesmas empresas não criaram qualquer valor ao projeto Polight.

Apesar de algumas importantes empresas da economia portuguesa se apresentarem como inovadores, tendo inclusive empresas subsidiárias com a designação Inovação na sua denominação, o facto é que quando se apresentou esta inovação com vantagens substanciais para a economia dessas mesmas empresas, vimos recusados quaisquer apoios para o desenvolvimento da inovação proposta. Daí se possa concluir que apesar de Portugal se situar na média europeia em matéria de inovação, esta vem sempre de “dentro para dentro”. Isto é, temos assistido à introdução de produtos inovadores em Portugal e no estrangeiro por empresas portuguesas, mas são quase sempre introduzidos pelas empresas que já atuam em determinado mercado para esse mesmo mercado. As inovações de “fora para dentro”, ou seja de *start-ups* ou de *spin-offs*, vindas dos meios académicos, por exemplo, encontram sérias barreiras à introdução de novos produtos em mercados já existentes.

Este projeto foi um desses exemplos e como pudemos verificar a partir do nosso estudo, não nos foi possível conseguir apoio financeiro para a produção de protótipos, a começar pela

recusa da empresa que mais com isso beneficiaria. Essa posição de não apoiar um produto inovador, em que a própria empresa que atua em monopólio nesse mercado se posiciona como o maior, ou mesmo único cliente, levou a que todas as empresas a jusante, suas fornecedoras, se retraíssem em investir neste produto.

Com certeza que com o crescimento que se espera para breve, deste tipo de tecnologia por toda a Europa, mais cedo ou mais tarde, Portugal acabará por ceder ao progresso, mudando também a sua forma de estar (e de pensar) no mercado e nas suas posições face a futuras inovações.

Julgamos ainda, que num futuro mais longínquo, pela investigação que aqui foi levada a cabo, os compósitos caminharão no sentido do aproveitamento das fibras naturais, como reforço de matrizes termoplásticas.

No capítulo do desenvolvimento do Plano de Negócios o empreendedor deve ser realista consigo próprio, para que realmente consiga concretizar o seu plano. O empreendedor deve dimensionar o negócio à altura das suas capacidades, tanto de investimento como de realização. Deve também precaver-se com uma equipa multifuncional que acredite no projeto e se disponha a empreendê-lo de uma forma profissional, consciente e sem reservas.

O investimento necessário ao arranque é sempre muito difícil de se conseguir em Sociedades de Capital de Risco, sendo que a Holanda, ao nível europeu é a que melhor se situa no financiamento a *start-up's*, de acordo com publicações estatísticas da União Europeia (2008).

No campo do investimento em capitais próprios necessários, pelo que conseguimos apurar no decorrer das nossas negociações, podemos concluir, ser irrealista pensar-se em empreender um produto sem qualquer investimento ou risco pessoal. Apesar do investimento realizado na investigação e desenvolvimento do produto, os investidores detentores do capital, não valorizam o custo da investigação e desenvolvimento como uma entrada para o capital por parte do promotor ou investigador.

Quanto ao tema central deste trabalho, poderemos concluir que os Postes de matriz termoplástica com base no método de fabrico do “*towpreg*” em análise, ainda não está capaz de constituir uma alternativa ao mercado atual, face a esse mesmo semi-produto (“*towpreg*”, desenvolvido pelo INEGI e Universidade do Minho), não apresentar capacidades técnicas para produção industrial, segundo informação do próprio INEGI.

No entanto, este semi-produto apresenta-se como um excelente compósito de características promissoras, para a produção de perfis e postes, dado ser produzido com fibras longas face às

fibras curta que incorporam os sistemas compósitos de matriz termoplástica atualmente comercializáveis.

No que respeita aos sistemas de sensores a colocar nos postes o desenvolvimento da tecnologia está a ser alvo de estudo por parte do INESC Porto.

Em suma, apesar de não ser para já possível a produção de postes com base no semi-produto “*towpreg*” em análise para fins comerciais, existem no mercado alternativas para o fabrico de postes em sistemas compósitos de matriz termoplástica, como é caso do Twintex™, marca comercial da Owens Corning.

Com base nas possibilidades técnicas existentes no que respeita à maquinaria para produção de postes, seja por pultrusão, infusão ou enrolamento filamentar, no atual avanço tecnológico dos sistemas compósitos, no crescimento da procura de produtos produzidos por estes materiais de engenharia, especialmente produtos recicláveis, na vontade demonstrada pelas empresas atuantes neste mercado em usar esta nova tecnologia, à exceção pontual de um ou outro empresário menos esclarecido, no crescendo do empreendedorismo tecnológico, poderemos concluir que gradualmente iremos assistir ao aparecimento de postes em sistemas compósitos de matriz termoplástica e consequentemente à diminuição gradual das tecnologias do betão e do ferro neste mercado.

No entanto, pela nossa experiência ao longo destes anos de investigação, o mercado dos apoios termoendurecíveis ainda irá crescer significativamente durante mais alguns anos antes do termoplástico se impor. Isto devido ao fator económico, que ainda continua a ter mais peso na decisão das empresas utilizadoras do que o fator ambientalista.

Referências

- [1] Saraiva, J.H. – *História de Portugal, Volume 1*, pag. 149 a 212 – A dominação Romana, publicações Alfa, 1903.
- [2] GONÇALVES, José Pires, VARELA GOMES, Mário e SANTOS, M. Farinha dos, *Os Menires da Pedra Longa*, in *Arqueologia e História*, Lisboa 1986; VARELA GOMES, Mário, *Aspects of Megalithic Religion According to the Portuguese Menhirs*, in *Valcamonica Symposium, III, Capo di Monte*, 1979; SANTOS, M. Farinha dos, *Pré-História de Portugal*, Lisboa, 1985;
- [3] Juan Eduardo Cirlot, Jack Sage, Herbert Read, “*A Dictionary of Symbols*”, 1993
- [4] Iwo Jima, Inc. Site created by: John H. Bradley <http://www.iwojima.com/> - 2009
- [5] *O ferro na história e na economia do Brasil*, por Edmundo de Macedo Soares e Silva - 1972
- [6] *Frederico de Quadros Abragão, “Caminhos de Ferro Portugueses”* – 1956
- [7] *Dormentes e postes de concreto em infra-estrutura* – Ana Pavão e Augusto Neves, 1999.
- [8] *Júlio Appleton Professor Catedrático de Betão Armado e Pré-Esforçado do IST*, 1996
- [9] *Monografia artística da cidade da Guarda -por Adriano Vasco Rodrigues* – 1958
Walter, R., - *Construire en Béton*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1993
- [10] *FIB - Federation Internationale du Beton. Structural concrete: textbook on behaviour, design and performance: updated knowledge of the CEB/FIP model code 1990*, 1999.
- [11] Stanley, C. – *Highlights in the History of Concrete*, C&CA, 1982
- [12] Delhaès, Pierre *Fibers and Composites*- 2003
- [13] Gay, D.: *Composite materials: Design and applications* – CRC Press, 2001;
- [14] Strong, A. Brent –, *Fundamentals of composites manufacturing: materials, methods and applications* - 2007
- [15] Moura, Marcelo F.S.F.: *MATERIAIS COMPÓSITOS:MATERIAIS, FABRICO E COMPORTAMENTO MECÂNICO* - Publindústria, 2005;
- [16] Lucas, Elizabete F – *Caracterização dos polímeros* - 2001
- [17] Padilha, Ângelo Fernando – *Materiais de Engenharia* - 1997

- [18] *Rodrigues, Jonatas Lino e Martins, Luís André – Compósitos: Materiais Reforçados com Fibras - 2006*
- [19] *Guerreiro, Luís - Comportamento de Blocos de Elastómero (Borrachas)- 2003*
- [20] *Rudin, Alfred - The elements of polymer science and engineering - 1999*
- [21] *Bashford, David - Thermoplastics: Directory and Databook - 1997*
- [22] *Thomas Sixsmith, Reinhard Hanselka - Handbook of thermoplastic piping system design - 1997*
- [23] *P. C. Powell - The selection and use of thermoplastics - 1977*
- [24] *Hodgkinson, J M.: MECHANICAL TESTING OF ADVANCED FIBRE COMPOSITES; CRC Press, 2000;.*
- [25] *A. Brent Strong - Fundamentals of composites manufacturing: materials, methods and applications- 2007*
- [26] *Gay, D.: Composite materials: Design and applications – CRC Press, 2001;*
- [27] *Charles E. Carraher, Jr –Giant Molecules, second edition, 2003*
- [28] *Michael G. Bader, Leif A. Carlsson, John W. Gillespie, University of D, Carl H. Zweben, Wilburn Smith, University of Delaware. Center for Composite Materials - Delaware Composites Design Encyclopedia: Processing and fabrication - 1990*
- [29] *Prasanna Chandrasekhar - Conducting polymers, fundamentals and applications: a practical approach - 1999*

Lachaud, F.; Piquet, R.; Collombet, F.; Surcin, L. “Drilling of Composite Structures”. Composite Structure - 2001
- [30] *American Chemical Society, American Chemical Society Chemical Abstracts Service - Chemical Abstracts – 1984*
- [31] *João Silva, João Nunes, Luisa Silva, António Torres Marques, António Pouzada - Fabrico de Towpregs, 1999*
- [32] *Loewenstein, K.L.- The Manufacturing Technology of Continuous Glass Fibers. New York: Elsevier Scientific. pp. 2–94 - 1973*
- [33] *Duilio d' Arsié - Los plásticos reforzados con fibras de vidrio: PRFV – 8th edition, 1986*
- [34] *Martin, Roderick H. - Composite Materials: Fatigue and Fracture - 1995*
- [35] *Edward A. Muccio - Plastic part technology - 1991*
- [36] *Manas Chanda, Salil K. Roy - Plastics technology handbook - 1998*

- [37] Callister W.D. *“Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução”*. 5ª ed. LTC, Rio de Janeiro. 2002.
- [38] Smith, F.W. *“Princípios de Ciências e Engenharia dos Materiais”*. 3ª ed., Mc Graw-Hill, Alfragide. 1996.
- [39] Baillie, Caroline - *Green composites: polymer composites and the environment* - 2005
- [40] www.strogwell.com - EXTREN, Modelos e Placas Estruturais em Fibra de Vidro. INT10M0804©STRONGWELL - 2009
- [41] E. da S. Leitão, G. Marinucci, O. de Carvalho - *Estudo do comportamento mecânico de compósitos poliméricos com variação da orientação do reforço* - 2008
- [42] REVISTA DA MADEIRA – O Eucalipto – A madeira de eucalipto na construção civil. São Paulo, Editora. Nº 75 ano XII, Agosto de 2003
- [43] Charles Henry Snow - *Wood and other organic structural materials* - 1999
- [44] Richardson, Barry A. – *Wood Perservation* - 1982
- [45] Ana Pavão e Augusto Neves - *Dormentes e postes de concreto em infra-estrutura* 2005
- [46] Cavan SA – www.cavan.pt - 2009
- [47] Guia Técnico Cavan - 2007
- [48] A. Torres Mascarenhas, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Portugal) - *Segurança estrutural e cálculo em betão armado* - 1980
- [49] 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.
- [50] REVISTA DA MADEIRA – O Eucalipto – Porquê usar o eucalipto. São Paulo, Editora. Nº 75 ano XII, Agosto de 2003
- [51] Arruda, Rodrigo Patrício – *Melhoria nos Métodos de Identificação e Controlo de Postes de madeira por meio da Rádio Frequência e do estudo das suas Propriedades Mecânicas* – tese de Mestrado em Eng^a dos Materiais – PUCRS Brasil, 2006
- [52] Arruda, R.P; Dedavid, B.A; Pires M.(3); Vidor, F.L.R. - *Estudo sobre a caracterização de postes de madeira utilizados em linhas de transmissão de energia através de ensaios de flexão e compressão* – 2006
- [53] Edwin Bernard Kurtz, Thomas M. Shoemaker - *The lineman's and cableman's handbook* - 1981
- [54] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (ASTM).1998. *Standard methods of testing small clear specimens of timber. D 143-94*. American Society for Testing and Materials. West Conshohocken. PA.

- [55] *Sítio da Petrofisa (www.petrofisa.com.br)- 2009;Owens Corning – ((http://www.owenscorning.com/composites/processes/Filament_Winding.asp) Literature – 2009*
- [56] *Shakespeare Poles (http://www.skp-cs.com/)- Pole Products Catalog- 2009*
- [57] *A. Brent Strong- Fundamentals of composites manufacturing: materials, methods and applications- 2007*
- [58] *Entec Company - http://www.entec.com/filament%20winding.shtml - 2009*
- [59] *Sítio da Rhodia - www.rhodia-ep.com.br - 2009*
- [60] *Robert H. Frank - Microeconomia e Comportamento - 1994*
- [61] *Joe Tidd, John Bessant, Keith Pavitt - Managing innovation 3rd edition - 2005*
- [62] *Jaques Landrevie; Denis Lindon; Pedro Dionídio; Vicente Rodrigues – Mercator – 7ª Edição – 1998*
- [63] *Jorge Santos; Jacinto Braga; Manuel Teixeira; Miguel St. Aubyn – Macroeconomia Exercicios e Teoria – McGraw Hill - 1994*

Para além das referências citadas, contribuíram substancialmente os ensinamentos e orientações dos investigadores,

António Torres Marques, Professor Catedrático da Universidade do Porto

João Francisco Silva, Professor Doutorado do ISEP.

Empresas e Instituições cooperantes

EDP, Portugal

Profisa – Petroplast SA, Brasil

Shakespeare Poles, EUA

Strongwell, EUA

Owens Corning, EUA

INEGI, Portugal

INESC Porto, Portugal

PIEP, Portugal

Light, Brasil

Cavan, Portugal

Metalogalva, Portugal

E.P.M.E., Portugal

E.I.P. SA , Portugal

Lightweight Structures, Holanda

Posterede, Portugal

Postejo, Portugal

Painhas SA, Portugal

Eurico Ferreira, Portugal

CME, Portugal e Angola

Mota Engil, Portugal

BBRAIL, Portugal

Grupo Lena, Portugal

Agrovete, Portugal

Romagnole, Brasil

NBK, Angola

SPI, Portugal

Solventis, Espanha

GPF, Espanha

Schreder, Portugal

Tecnovia, Brasil

Superpesa, Brasil

Montel, Portugal

Eneólica SA, Portugal

TVTEL, Portugal

Paulo Audi, Brasil

DST SGPS, Portugal