

1º Relatório

André Duarte B. L. Ferreira
Sofia Alexandra C. Abreu

Porto, 16 de Outubro de 2014

Abstract

On this first report we lay down the basis for the design of the garage door and its electric motor reducer. The scope of the project is defined, the application is characterized, and the solution architecture as well as the kinematic and load chains are defined.

Resumo

Neste primeiro relatório lança-se as bases para o anteprojeto de um sistema de acionamento para um portão automático de garagem. Assim, define-se o âmbito do projeto, caracteriza-se a aplicação e define-se a arquitetura da solução bem como as cadeias cinemáticas e de carga.

Versão corrigida.
Correções a azul

Índice

0	DEFINIÇÃO DO ÂMBITO DO TRABALHO	7
1	CARATERIZAÇÃO DA APLICAÇÃO	8
1.1	ESPECIFICAÇÕES	8
1.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E SELEÇÃO DO TIPO DE PORTÃO	9
1.3	DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES, FUNCIONAMENTO E SELEÇÃO DA ARQUITETURA	13
2	CADEIAS CINEMÁTICAS E DE CARGAS.	15
2.1	DETERMINAÇÃO DA MASSA DO PORTÃO E SELEÇÃO DOS SEUS MATERIAIS	15
2.2	CÁLCULO DAS POTÊNCIAS ÚTIL, ELÉTRICA E MECÂNICA E SELEÇÃO DO MOTOR	17
	POTÊNCIA ÚTIL	17
	POTÊNCIA ELÉTRICA E MECÂNICA À SAÍDA DO VEIO DO MOTOR	19
	SELEÇÃO DO MOTOR	19
2.3	CÁLCULO DA REDUÇÃO	20
	REFERÊNCIAS	21
	ANEXOS	22
	ANEXO A – FICHA TÉCNICA DO MOTOR	22

Índice de Figuras

FIGURA 1 – MOTO-REDUTOR PARA UM PORTÃO DE CORRER. [13]	10
FIGURA 2 – CADEIAS CINEMÁTICAS E DE CARGAS GENÉRICAS DE UM SISTEMA DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE PORTÃO DE GARAGEM.	10
FIGURA 3 – COMPONENTES TÍPICOS DE UM PORTÃO DE GARAGEM SECCIONAL, E SUGESTÃO DE DESENHO PARA O PORTÃO A PROJETAR NESTE TRABALHO. [5]	13
FIGURA 4 – ALGUNS COMANDOS E RECETORES DISPONÍVEIS NO MERCADO. CARATERIZADOS ESSENCIALMENTE PELA RADIOFREQUÊNCIA DE TRABALHO, Nº DE CANAIS E DE COMBINAÇÕES. [13]	14
FIGURA 5 – 1ª ABORDAGEM DE SELEÇÃO DE MATERIAL PARA PORTÃO.	15
FIGURA 6 – 2ª ABORDAGEM DE SELEÇÃO DE MATERIAL PARA PORTÃO, CASO DO MATERIAL ISOLANTE.	16
FIGURA 7 – 2ª ABORDAGEM DE SELEÇÃO DE MATERIAL – MATERIAL MECANICAMENTE RESISTENTE.	16
FIGURA 8 – COMPOSIÇÃO DE UM PAINEL EM MULTICAMADAS (SANDWICH) NUM PORTÃO SECCIONADO DO FABRICANTE JD (UK) LTD [7]	17
FIGURA 9 – DIAGRAMA REPRESENTATIVO DAS FORÇAS MAIS IMPORTANTES EM JOGO AQUANDO DO MOVIMENTO DO PORTÃO.	18
FIGURA 10 – DIAGRAMA FINAL DAS CADEIAS CINEMÁTICAS E DE CARGAS.	20

Índice de tabelas

TABELA 1 - RESUMO DOS TIPOS DE PORTÕES MAIS COMUNS EXISTENTES NO MERCADO [3], [4] _____ 11

Lista de Símbolos

M_t	Momento torsor / binário
ω	Velocidade de rotação angular
n	Velocidade de rotação em rotações por unidade de tempo minuto
v	Velocidade de translação
η	Rendimento
\dot{W}	Potência
ϕ	Diâmetro
l	Comprimento
r	Raio
I_c	Intensidade de corrente
V	Tensão
σ_E	Tensão de limite elástico / de cedência
E	Módulo de elasticidade / de Young
ρ	Densidade

0 ~~Definição do âmbito do~~ trabalho

O trabalho vai-se desenvolver no decorrer do 1º semestre do 5º ano no âmbito da unidade curricular de Iniciação ao Projeto do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Foram colocados vários temas à escolha e aquele que nos despertou desde logo um maior interesse devido ao contato permanente no nosso quotidiano foi o anteprojecto de um sistema de acionamento de um portão automático de garagem.

O objetivo último deste trabalho é o de aumentar a compreensão dos autores das metodologias de projeto utilizadas em projetos de engenharia mecânica.

Devia conter também:

- Objetivo
- Principais atividades a desenvolver
- Resultados a obter

1 Caracterização da Aplicação

Descrição da função global do sistema.

1.1 Especificações

Na fase inicial de um anteprojeto é necessário compreender as características que se exigem dos componentes a serem projetados. Com esse intuito _____ completar a frase

Como não foi especificado, decidimos que o portão de garagem seria para uma aplicação residencial, Pretende-se um sistema de acionamento de um portão automático de garagem que respeite as seguintes especificações

1) Funcionais :

- a. O portão é para aplicar a uma abertura de 3m de largura por 2.5m de altura;
- b. Deve ser possível abrir o portão em caso de falha de energia;
- c. Deve ser possível comandar a abertura e fecho através de um comando à distância;
- d. O motor deverá aceitar uma ligação à rede elétrica de 230V, 50Hz ;
- e. O portão deverá fazer o percurso de abertura e fecho em cerca de 20s;
- f. Para funcionamento a temperaturas entre -10 a 40°C ;
- g. Possibilidade de paragem do movimento em qualquer instante.

2) De segurança :

- a. Em caso de bloqueio ou interferência externa, o portão deve iniciar o movimento no sentido oposto ao que estava a efetuar;
- b. Deve existir proteção dos elementos mecânicos e elétricos;
- c. No caso de haver mola de torção / extensão e de esta se quebrar, o motor-reductor deverá continuar a ser capaz de abrir e fechar o portão ;
- d. Deverá existir um sistema de bloqueio para impedir a movimentação de pessoas sem acesso autorizado ;
- e. Sinalização luminosa de funcionamento ;
- f. Proteção contra esmagamento ;
- g. Possibilidade de abertura manual pelo interior em caso de falha elétrica ou falta de energia.

3) Ambientais e de eficiência energética :

- a. Bom isolamento térmico para manter níveis de temperatura no interior em linha com o restante da vivenda ;
- b. Bom isolamento acústico ;
- c. Emissão sonora ≤ 90 dB.

4) De manutenção

- a. Preferencialmente sem necessitar de manutenção regular;
- b. Boa resistência à corrosão;
- c. Boa resistência à fadiga.

5) Produção, Materiais e Disponibilidade

- a. Para elementos a serem fabricados para este propósito, de fácil processo de fabrico ;

- b. Para os elementos a serem comprados, estes devem ser de fácil disponibilidade no mercado ;
 - c. Os materiais a escolher deverão ser de fácil obtenção, isto é, elementos do portão em que haja a possibilidade de escolha do material, não devem ser selecionados materiais em fase experimental/de estudo/obtidos apenas por processos de fabrico avançados.
- 6) **Outros:** Respeitar as normas relativas a portões e automatismos de garagens.

Com vista a encontrar soluções que garantam estas especificações, efetuamos uma revisão bibliográfica breve à constituição e funcionamento de um portão automático assim como os tipos existentes no mercado.

1.2 Revisão bibliográfica e seleção do tipo de portão

Os constituintes essenciais de um portão automático são um motor elétrico, um redutor, o portão e o comando. Em certos casos existe a necessidade da conversão do movimento de rotação proveniente do redutor e do motor em movimento de translação, conversão essa que geralmente acontece por meio de um sistema de pinhão cremalheira / corrente. [Depende](#)

Quando um utilizador carrega no botão para abrir/fechar o portão, o comando envia um sinal codificado de infravermelhos para um recetor no portão. O descodificador interpreta o sinal e dá ordem de funcionamento ao motor elétrico. Este converte a energia elétrica que lhe é fornecida em energia mecânica, o que se manifesta sob a forma da rotação do seu veio, caracterizada por uma determinada velocidade angular e binário — que em conjunto correspondem a uma dada potência.

O redutor é ligado ao veio do motor elétrico para aumentar o binário disponível no sistema — sendo assim possível usar motores de potências mais baixas — e reduzir a velocidade de rotação.

Observou-se em catálogos de moto-redutores de marcas especializadas em automatizações para portões de garagem que os redutores de roda de coroa e parafuso sem fim são muito comuns. As razões para tal serão as seguintes^[1] :

- 1) Motores elétricos tipicamente com $1000 < n < 2500$ rpm mas velocidades de translação e rotação do portão bastante mais baixas -> necessidade de elevadas razões de transmissão. Sistema parafuso sem-fim / roda de coroa serve para razões de transmissão de 10:1 até 60:1 ;
- 2) Baixo ruído e vibrações ;
- 3) Como é para funcionamento esporádico e de baixas potências — na ordem das centenas de watts —, o provável baixo rendimento não é crítico.

Ao conjunto motor elétrico e redutor, por ser uma combinação frequente, costuma-se dar o nome de moto-reductor. Na figura 2 observa-se uma representação de um moto-reductor para um portão de correr.

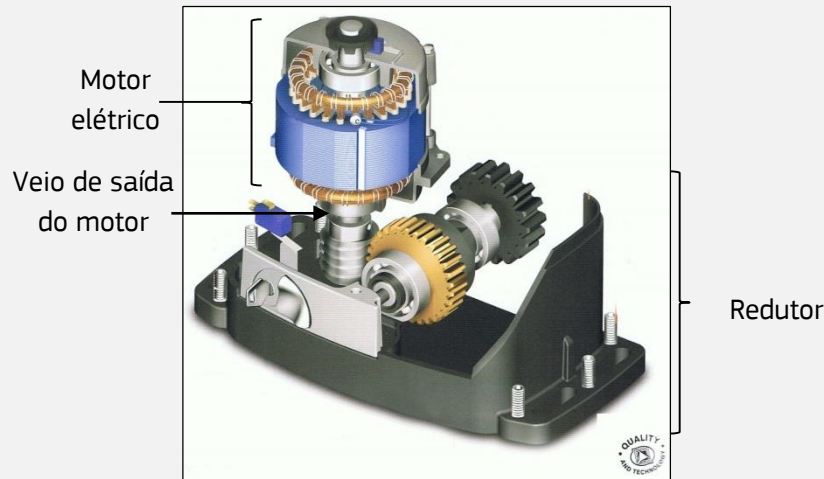


Figura 1 – Moto-reductor para um portão de correr. ^[13]

Para abrir o portão às vezes torna-se ainda necessário um sistema que translada, por exemplo nos portões de correr ou se o portão executar movimento de translação, como é o caso por exemplo dos portões basculantes ou de correr, como se verá adiante, utiliza-se um sistema que converta o movimento de rotação à saída do veio do redutor em movimento de translação, tipicamente pinhão + cremalheira ou corrente ou tambor + polia.

De seguida, observam-se os principais blocos funcionais típicos de um sistema de acionamento de um portão automático de garagem, assim como as respetivas cadeias cinemáticas e de carga.

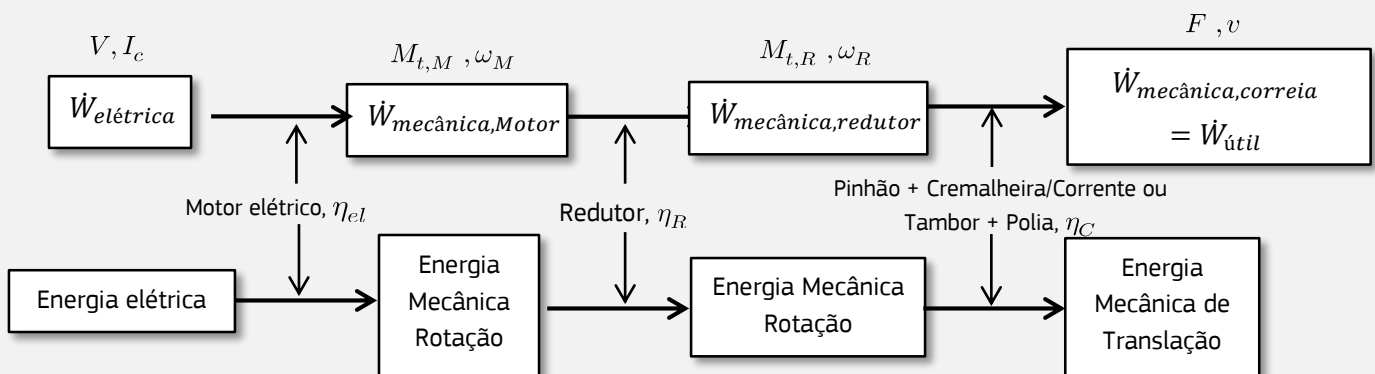


Figura 2 - Cadeias cinemáticas e de cargas genéricas de um sistema de um sistema automático de portão de garagem.

Esta não é a maneira mais correta de representar as cadeias cinemáticas e de cargas. Ver a do o relatório 2.

Especialmente nos casos em que o portão se movimenta na vertical (figura 3), costuma existir uma mola de torção ou de extensão que faz o *heavy lifting* do portão, permitindo não só reduzir o esforço a que está sujeito o sistema mas também que seja possível a abertura manual do portão sem grande esforço, o que pode ser de importância crítica em situações de falha de energia.

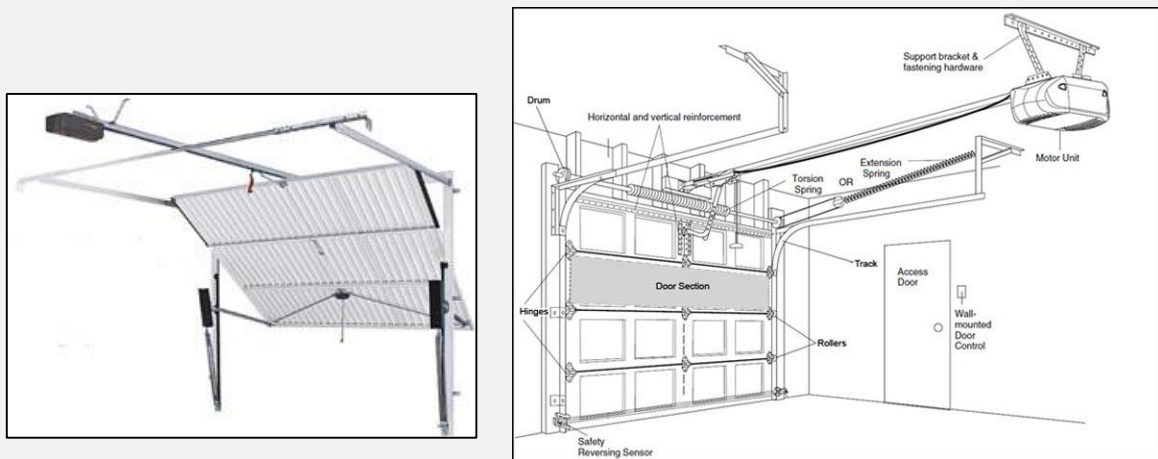
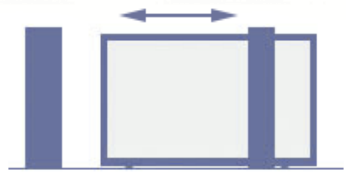
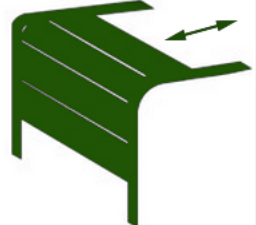



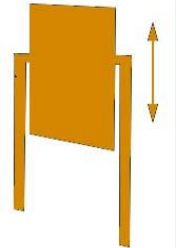


Figura 3 - Esq. - portão com mola de extensão ^[2] Da - Esquema de um portão automático com mola de torção e de extensão.

Da pesquisa bibliográfica efetuada verificamos que existe uma vasta gama de portões automáticos que é adequada para satisfazer as especificações propostas e portanto a escolha do tipo de portão a utilizar será essencialmente de preferência pessoal. Assim, começaremos com uma brevíssima referência a alguns dos tipos de portões utilizados e a posterior seleção de um para ser projetado.

Tabela 1 - Resumo dos tipos de portões mais comuns existentes no mercado ^{[3], [4]}

Portão basculante (<i>Up & Over</i>)		Este é o tipo de portão basculante mais simples e mais comum, sendo o mais usado em portões manuais.
Portão basculante e retractável		Mais facilmente automatizável em relação ao anterior e com a vantagem de permitir a utilização total da altura da abertura.
Portão de fole		De utilização essencialmente industrial.

Portão de correr / deslizante / correção		Outra construção muito simples utilizada principalmente em espaços abertos e/ou aberturas de grandes dimensões.
Portão seccionado /seccional de subir e descer		Correspondendo a 80% do mercado dos EUA oferece boa segurança, opções de isolamento térmico, pequeno atravancamento, abertura e fecho suaves e possibilidade de utilização para portões de grandes dimensões.
Portão seccionado de correr		Uma das soluções mais antigas para portões, é muito usada para aberturas largas (>2,5m) ou de formas pouco convencionais.
Portão do tipo rolo de subir e descer		Solução compacta que tem ganho mercado nos últimos anos.
Portão de batente		De fácil manutenção e dos que tem menor número de partes móveis.
Portão guilhotina		De utilização essencialmente industrial. Requer elevado atravancamento na parte superior.

Ponderando o anteriormente exposto, decidimos optar pelo portão seccionado. É uma solução compacta, que nos é familiar por ser grandemente utilizada em áreas residenciais e que nos permite ter confiança relativamente a conseguir garantir as especificações propostas no capítulo anterior.

1.3 Descrição dos componentes, funcionamento e seleção da arquitetura

Na figura em baixo apresentam-se alguns dos componentes frequentemente observados em portões seccionados automáticos¹.

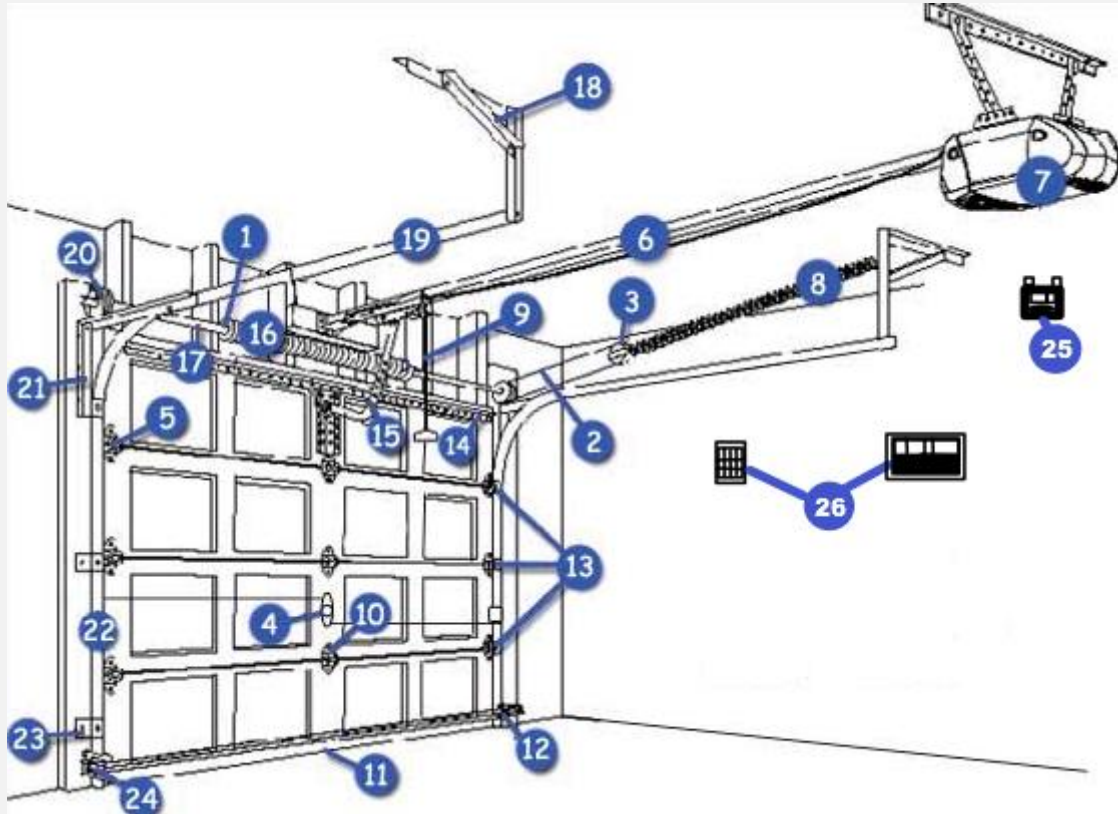


Figura 3 – Componentes típicos de um portão de garagem seccional, e sugestão de desenho para o portão a projetar neste trabalho.^[5]

1 – Placa de apoio	7 – Moto-reductor	15 – Braço de engate rápido
2 – Cabos	8 – Mola de extensão	17 – Veio da mola de torção
3 – Polia	9 – Cabo para abertura manual do portão	22 – Carrilho vertical
4 – Fechadura	11 – Vedante	23 – Suporte do carrilho
5 – Roletes	13 – Dobradiças	24 – Sensor / Fim de curso magnético
6 – Trilho	16 – Mola de torção	26 – Comando manual de teclado numérico / chave

¹ Apesar de na imagem se encontrarem duas molas, na verdade geralmente só existe uma. Estão presentes as duas por uma questão de se explicitar os 2 casos possíveis.



Figura 4 – Alguns comandos e recetores disponíveis no mercado. Caraterizados essencialmente pela radiofrequência de trabalho, nº de canais e de combinações. ^[13]

Tal como na figura, iremos projetar um portão com 4 painéis articulados, de secção constante, de material a selecionar mais adiante, com fechadura manual e vedante na parte inferior. Ao contrário de muitos portões residenciais iremos para já ignorar a existência de janelas na parte superior. Utilizaremos uma mola de torção na parte superior do portão, tal como indicado na figura 3. A conversão de movimento rotacional para translação será efetuado por um sistema pinhão / corrente. O projeto das partes eletrónicas não fazem parte do âmbito deste trabalho e portanto, quando necessário, iremos sempre encontrar soluções já existentes no mercado.

Em termos de normalização, e para garantir a especificação 6. a), encontrámos a Norma europeia EN 13241 que especifica os requisitos de desempenho e segurança para portas, portões e barreiras, destinados para instalação em áreas ao alcance de pessoas, e para o qual os principais usos pretendidos são o acesso seguro para bens e veículos acompanhados ou conduzidos por pessoas em instalações industriais, comerciais ou residenciais.

Falta dizer que especificações decorrem dessa norma.

2 Cadeias cinemáticas e de cargas.

Com vista a garantir as especificações propostas e a obter os diagramas para as cadeias cinemáticas e de carga, começámos por determinar a massa do portão, que é uma variável a saber para a seleção de um motor para o nosso sistema e para a cadeia de cargas.

2.1 Determinação da massa do portão e seleção dos seus materiais

Com vista a satisfazer as especificações procurámos numa base de dados [6] materiais que tenham as seguintes características

1. Boa resistência específica (E/ρ);
2. Boa resiliência ($\sigma_E^2 / 2E$);
3. Baixa condutividade térmica;
4. Baixo custo.

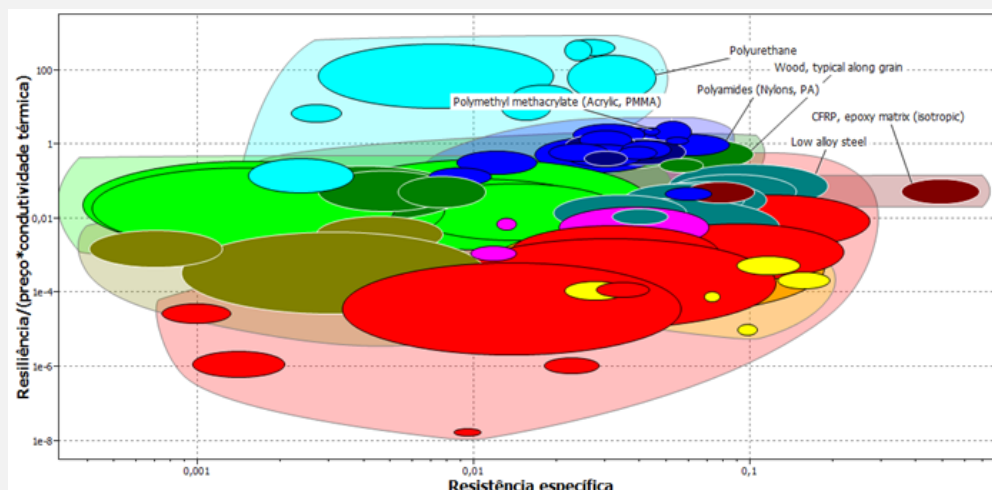


Figura 5 – 1ª abordagem de seleção de material para portão.

Escolher um material com todas as referidas propriedades não se revela tarefa fácil — há vários candidatos e a escolha das fórmulas para os eixos não é muito óbvia. Um método mais simples será encontrar 2 materiais com características que se completem, nomeadamente um material isolante e um material resistente.

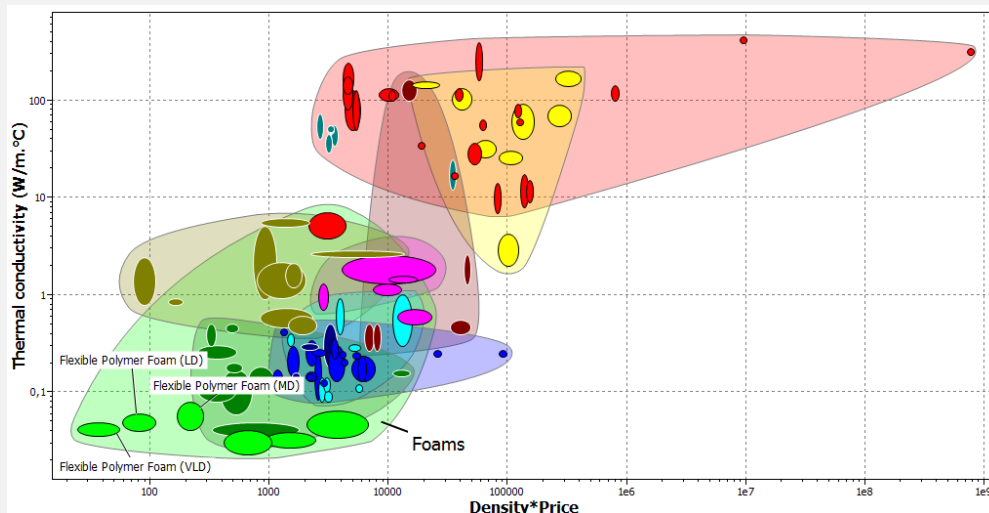


Figura 6 – 2ª abordagem de seleção de material para portão, caso do material isolante.

Assim, a escolha para o isolante será claramente uma espuma de muito baixa ou baixa densidade.

Relativamente ao material a conferir rigidez e resistência mecânica comparou-se a resiliência com tensão de limite elástico (para podermos distinguir os que possuem boa resiliência à custa de um baixo módulo de elasticidade dos que têm boa resiliência à custa da tensão de limite elástico) a dividir pelo preço para garantirmos que é um material de fácil obtenção, tal como a especificação respetiva o requer.

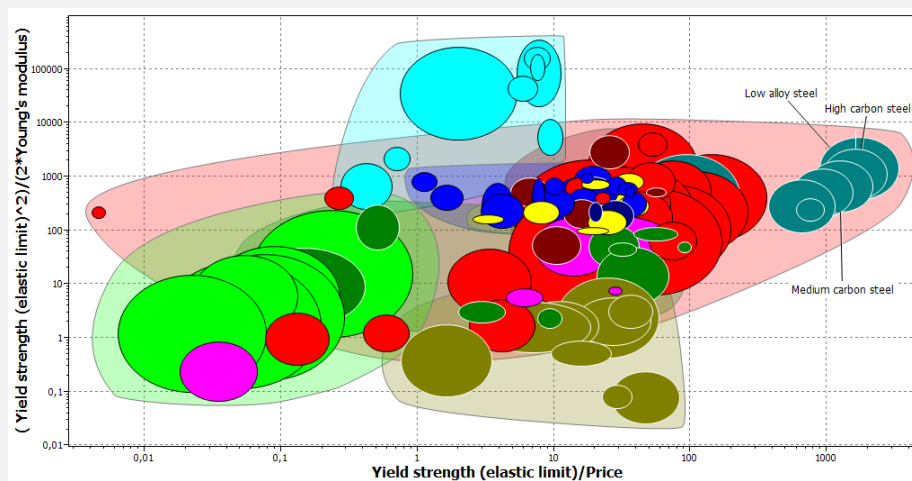


Figura 7 – 2ª abordagem de seleção de material – material mecanicamente resistente.

Como já era de esperar os aços são os campeões de boas propriedades mecânicas aliadas a um baixo custo. Podemos assim aliar as boas propriedades isoladoras acústicas e térmicas do poliuretano com a resistência mecânica do aço. Como o aço é bastante denso, aquilo que se costuma fazer é apenas utilizar o aço em formas de chapa por fora da camada de espuma de poliuretano.

Uma pesquisa bibliográfica revelou também que é muito comum a constituição de cada painel retangular ser em dupla chapa de aço no exterior e poliuretano no interior. As suas dimensões costumam variar entre 0,40 mm e 0,7 mm de espessura com uma densidade de aproximadamente 7860 kg/m^3 para os aços e isolamento interior de poliuretano com uma densidade de aproximadamente 45 kg/m^3 ^{[1],[2]}. Estes materiais conferem ao painel uma boa relação de segurança, robustez, peso, preço e isolamento térmico e acústico.



Figura 8 – Composição de um painel em multicamadas (sandwich) num portão seccionado do fabricante JD (UK) Ltd [7]

Assumindo que o portão é de secção constante e contém apenas os materiais seleccionados — é comum adicionar-se janelas na parte superior, e certos padrões, mas para efeitos de cálculo iremos ignorar esses aspetos, até porque em termos de peso não influenciará grandemente o resultado final — a massa do portão pode ser dada por

$$massa = \rho \cdot Volume = \rho \cdot l \cdot h \cdot esp$$

Massa das 2 chapas de aço:

$$massa_{aço} = 7860 \cdot 2,5 \cdot 3,0 \cdot 0,0004 \cdot 2 \rightarrow massa_{aço} = 47,16kg$$

Camada poliuretano:

$$massa_{poliuretano} = 45 \cdot 2,5 \cdot 3,0 \cdot 0,045 = 15,19kg$$

Usando como ponto de partida, os valores mencionados anteriormente que resultam de uma pesquisa bibliográfica por alguns fornecedores de portões seccionados obtêm-se para a massa total da porta do portão um valor de, aproximadamente, 62, 35 kg. Considerando uma massa sobrestimada de 5 kg para os restantes componentes cujo peso deve ser tido em conta (roldanas, gancho, parafusos) a carga aplicada ao moto-reductor será de aproximadamente 67,4 kg.

2.2 Cálculo das potências útil, elétrica e mecânica e seleção do motor

Potência útil

Como referido anteriormente, o sistema de acionamento vai possuir uma mola de torção como auxílio ao motor, reduzindo a carga que lhe é transmitida, bem como a qualquer utilizador que tente abrir o portão manualmente. No entanto pode-se dar o caso de o sistema da mola deixar de funcionar. Com vista a satisfazer a especificação 2. c) todo o sistema será

Especificações

1. f)
3. a)
5. b), c)
6. a)

Satisfeita

Não analisada

projetado para suportar o peso total do portão não comprometendo o funcionamento do mecanismo caso ocorra uma falha no sistema da mola.

O cálculo do peso do portão é relativamente simples, no entanto a força transmitida ao gancho que está seguro pela corrente já não é tão trivial. Com efeito apenas uma parte da força vinda do motor atua diretamente sobre o peso do portão, a outra parte atua sobre a calha. É portanto necessário fazer um estudo estático e desconstruir as forças para se chegar ao valor real da F_{mot} .

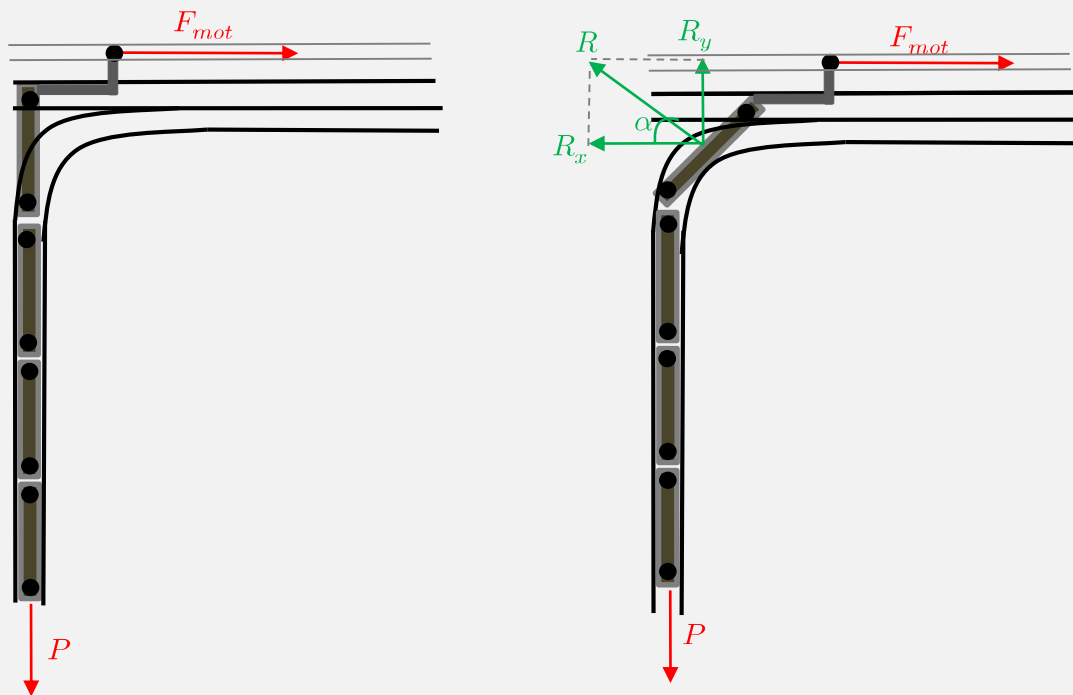


Figura 9 – Diagrama representativo das forças mais importantes em jogo aquando do movimento do portão.

Contudo, neste primeiro relatório, a seleção do motor foi realizada considerando que a força realizada pelo motor é na mesma direção do peso do portão seccionado, pelo que a força que nós vamos obter deste modo será inferior à real. Além disso também considerámos que a única força resistente que o motor tem de vencer é o peso da porta do portão mais componentes (roletes e componentes que os unem aos painéis), i.e., desprezámos as forças de atrito que existem no guiamento entre os roletes e a calhas. Deste modo, uma próxima tarefa para o próximo relatório será o estudo da influência destes dois parâmetros no cálculo da potência útil e a verificação da necessidade de alterar o motor selecionado face ao novo maior valor de potência útil que iremos obter.

Esta parte deveria ser revista se o trabalho continuasse a ser feito por 2 elementos.

Dito isto, passamos então ao cálculo simplificado da potência útil máxima — caso de falha da mola — necessária

$$\text{Força} = \text{Peso do Portão} + \text{Componentes} = m \cdot g = 67,4 \cdot 9,8 = 660,5 \text{ N}$$

$$v = \frac{d}{t} = \frac{2,50\text{m}}{20\text{s}} = 0,125 \text{ m/s}$$

$$W_{\text{útil}} = F \cdot v \rightarrow W_{\text{útil}} = 640,4 \cdot 0,125 \rightarrow W_{\text{útil}} = 82,56 \text{ W (valor máximo)}$$

É portanto esta a potência que, depois de consideradas todas as perdas, o motor ainda deve conseguir fazer chegar ao portão e seus restantes componentes móveis. É portanto necessário calcular essas perdas, sob a forma da eficiência ou rendimento.

Potência elétrica e mecânica à saída do veio do motor

Antes de escolher um motor não podemos saber a eficiência do motor que vamos escolher, portanto, idealmente isto trata-se de um processo iterativo. No entanto, observando os motores tipicamente usados em acionamentos de portões de garagem residenciais, verificamos que as suas potências mais comuns rondam os 50-200W e as suas eficiências em torno dos 50-60%^{[8],[9],[10]}. Assume-se então que

$$\eta_{motor} = 55\%$$

O redutor também tem perdas, associadas estas à fricção entre os dentes e perdas de lubrificante. Numa das referências^[1] é dito que esta geralmente varia entre 45% e 95%. Assim, tomou-se o valor médio.

$$\eta_{red} = 70\%$$

Relativamente ao sistema que transforma o movimento de rotação em translação, ou seja, o pinhão e a correia, encontramos^[11] valores entre 98 e 99%. Mais uma vez utilizámos o valor médio.

$$\eta_c = 97\%$$

O rendimento global do sistema com estes valores é de $\eta_{global} \approx 37\%$.

Posto isto calculou-se a potência elétrica do motor ou à saída do seu veio — certos catálogos dão a potência elétrica dos motores outros a à saída do veio (de *output*).

$$W_{el} = \frac{W_{\acute{u}til}}{\eta_{global}} \approx 221 \text{ W}$$

$$W_{mec,mot} = \frac{W_{\acute{u}til}}{\eta_c \cdot \eta_{red}} \approx 121 \text{ W}$$

Seleção do motor

Procurámos então em catálogos de fornecedores de motores elétricos, com enfoque nos que respeitam as especificações de importância. Além disso procurámos um motor cuja potência ficasse próxima dos 121W por valores superiores. Chegou-se assim ao motor monofásico BF31C 63 M2 4 da Universal Motors (ver Anexo A). Verificámos que apenas uma fração dos catálogos disponibilizam, por exemplo, informação relativa à temperatura de funcionamento e ao nível de ruído pelo que não nos foi possível, desta vez, verificar se as respetivas especificações serão ou não satisfeitas.

Faltou falar no fator de serviço do motor.

O rendimento do motor não devia ter entrado nos cálculos... ver relatório 2 (onde isto foi corrigido)

Especificações

1. c), d), f), g)
2. c), e)
3. c)
4. a)
6. a)

Satisfeita

Não analisada

2.3 Cálculo da redução

Atribuindo um diâmetro um diâmetro para o pinhão que transmite o movimento à corrente de 60mm, vamos estimar os valores de binário e velocidade angular à saída do redutor, que são os únicos valores que faltam para completarmos as cadeias de velocidade e carga.

Devia ter explicado o porquê deste valor

$$\omega_{mot} = \frac{n_{mot} \cdot \pi}{30} = \frac{1370 \cdot \pi}{30} = 143,5 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{red} = \frac{v_{corrente}}{r_{pinhão}} = \frac{0,125}{0,03} = 4,17 \text{ rad/s}$$

$$n_{red} = \frac{\omega_{red} \cdot \pi}{30} = 39,82 \text{ rpm}$$

Por outro lado o binário à saída do veio do redutor é

$$W_{red} = M_t \cdot \omega_{red} \rightarrow M_{t,red} = \frac{126}{4,17} = 30,21 \text{ Nm}$$

Podemos ainda calcular já o fator de redução, i , que será útil em fases posteriores do projeto.

$$i = \frac{n_{mot}}{n_{red}} = \frac{1370}{39,82} = 34,4$$

"elevado" é subjetivo. Se escrevi esta caracterização o devia ter explicado o porque de ser elevado.

Aqui temos um fator de redução elevado, sendo uma das razões de peso que justificam o uso da solução parafuso sem-fim / roda de coroa como redutor.

Assim obtemos agora o esquema anteriormente obtido para o caso geral aplicado a este caso particular.

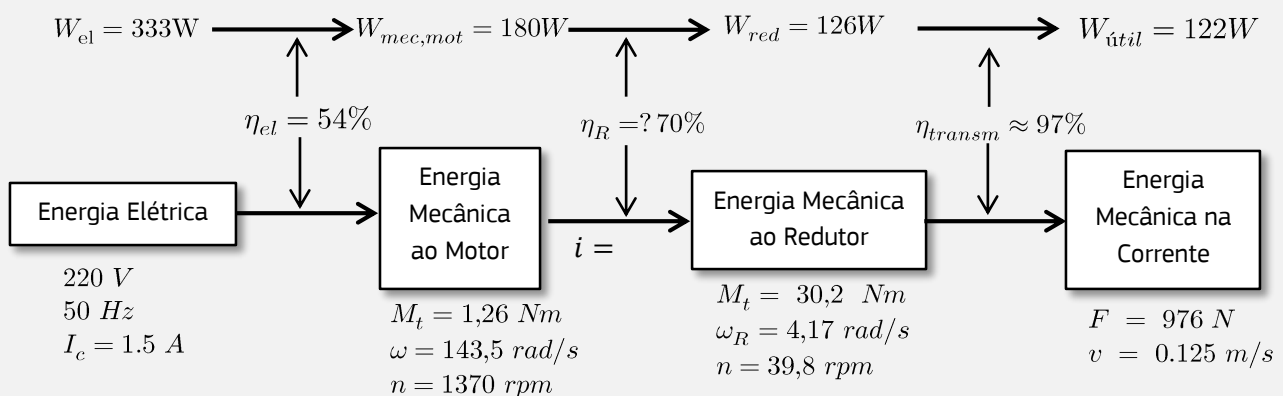


Figura 10 – Diagrama final das cadeias cinemáticas e de cargas.

Referências

- [1] J. Almancinha, "Redutor de Parafuso Sem-Fim / Roda de Coroa," 2002, p. 2.
- [2] "Up & Over Garage Doors Buyer's Guide from Lakes Garage Doors," [Online]. Available: <http://www.lakesgaragedoors.co.uk/up-and-over-garage-doors-buyers-guide>. [Acedido em 9 Outubro 2014].
- [3] "Automatização para portões, portas e portões basculantes - DEA SYSTEMS S.p.A," [Online]. Available: <http://www.deasystem.com/pt/>. [Acedido em 9 Outubro 2014].
- [4] "Garage Door Types Explained - The Garage Door Centre," [Online]. Available: http://www.thegaragedoorcentre.co.uk/feature_details/the-different-types-of-doors-for-a-garage/28. [Acedido em 9 Outubro 2014].
- [5] "Garage Door Parts Guide," [Online]. Available: <http://www.garagedoorpartsguide.net/garage-door-parts-diagram/>. [Acedido em 12 Outubro 2014].
- [6] *Granta CES Edupack*, 2014.
- [7] ALUTECH, "Sectional Garage Doors Brochure".
- [8] Abb - Low Voltage General Purpose Motors - LV Single Phase Motor Section, pp. 19-20.
- [9] "Universal Motors - Catálogo de Motores," [Online]. Available: http://www.universalmotors.pt/site/media/universalmotors/docs/Cat_Motores2009.pdf. [Acedido em 16 Outubro 2014].
- [10] "WEG Single-Phase General Purpose Motors," [Online]. Available: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-01-2014-stock-motor-catalog-single-phase-general-purpose-motors-us100-brochure-english.pdf>. [Acedido em 16 10 2014].
- [11] J. Pratas, "Economia de Energia com Eficiência nos Acionamentos Eficientes," [Online]. Available: http://ave.dee.isep.ipp.pt/~see/jornadas2010/Jornadas/images/Pdf/SEW_JoaoPratas.pdf. [Acedido em 15 Outubro 2014].
- [12] "Roger Technology - Automazioni in movimento," [Online]. Available: <http://www.rogertechnology.com/>. [Acedido em 12 Outubro 2014].
- [13] "Loja do Automatismo," [Online]. Available: <http://www.online.lojadoautomatismo.pt/>. [Acedido em 10 Outubro 2014].
- [14] "Universal Motors - BF31C - IV PÓLOS 1500 RPM," [Online]. Available: <http://www.universalmotors.pt/pg45-produto-9-iv-polos-1500-rpm-pt?potcv=0.25&potkw=0.18&tipo=BF31C%2063%20M2%204>. [Acedido em 16 Outubro 2014].

