

Diego Silvestre Rato

**AVALIAÇÃO DE POSSÍVEIS REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS PARA TELAS
DE TANQUE-REDE DE AQUICULTURA**

São Paulo

2015

Departamento de Engenharia
Metalúrgica e de Materiais da
Escola Politécnica da USP

Diego Silvestre Rato

**AVALIAÇÃO DE POSSÍVEIS REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS PARA TELAS
DE TANQUE-REDE DE AQUICULTURA**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo.

Departamento de Engenharia
Metalúrgica e de Materiais

Orientador: Prof. Dr. Hélio Wiebeck

São Paulo

2015

RESUMO

A proteína mais consumida no mundo é a de pescado. Para atender toda essa demanda, a criação de alevinos tem crescido e se difundido cada vez mais, pois devido à pesca predatória muitas espécies estão cada vez mais raras na natureza. Por se tratar de uma técnica relativamente simples e de baixo custo, a criação através de tanques rede tem ganhado cada vez mais espaço, principalmente em países em grau de desenvolvimento e com enormes reservas de água na natureza, como é o caso do Brasil. Os tanques redes no Brasil são em sua maioria compostos por gaiolas retangulares feitas de telas de arame revestido por materiais poliméricos, na sua grande maioria PVC. Apesar de já ser feita de materiais conhecidos e a bastante tempo esse técnica ainda enfrenta muitos problemas devido ao fato dos TR ficarem submersos expostos ao tempo. Ainda é comum produtores perderem sua criação por falhas nas telas ou incrustação excessiva de moluscos que dificultam o fluxo de água. Essas perdas além de danos financeiros podem levar e danos irreparáveis a biodiversidade do local. Esse trabalho faz uma seleção entre uma série de polímeros utilizados pela indústria, através de diagramas de Ashby fornecidos pelo software CES, EduPack 2014, Versão 14.3.5, cruzando características importantes para essa aplicação e montando uma matriz de decisão para propor novos materiais poliméricos que tem potencial para serem testados nessa utilização. Feito todo esse processo chegou-se a 4 materiais: PET, PVC, PMMA e Poliéster. O PVC mostra que a metodologia faz sentido por ser o material mais comum nessa utilização. O PET surge como um candidato promissor para se realizar mais testes. Enquanto isso PMMA e Poliéster apesar de pela características analisadas terem potencial são, neste momento,

descartados devido ao processo que seria necessário para revestir arames usando-os. No entanto um estudo mais profundo pode viabilizar a utilização de ambos.

ABSTRACT

Fish is the most consumed protein in the world and the uncontrolled fishing is concerning specialists since many species are becoming increasingly rare in nature. To meet this demand, fish farming has grown substantially in the last years. As a relatively simple and a low cost technique, the creation through cages has gained space, especially in developing countries with a lot of water reserves in nature, for instance in Brazil. This system in Brazil is basically composed of rectangular cages made of wire mesh coated with polymeric materials, mostly PVC. Despite being made of known materials this technique still faces many problems due to the fact that cages become submerged exposed to the weather. It is still common producers lose their creation by the breakup of the mesh or by excessive fouling shellfish that sticks on the cages and hinder the flow of water. Besides the financial losses that this failure does it can also do irreparable damages to the biodiversity of the site. To overcome this problem in this project we select different polymers that are currently used by industry, by Ashby diagrams provided by the ESC software, EduPack 2014 Version 14.3.5, crossing features required for this application and after that constructing a decision matrix to propose new polymeric materials that has the potential to be tested in this use. Four materials were selected to meet this application's need: PET, PVC, PMMA and Polyester. We understand that the use of PVC shows that the methodology worked well, because it is the most common material in this use. Moreover, PET appears to be a promising candidate, although further tests are needed. Meanwhile, PMMA and Polyester, despite of their potential application, were not selected due to the coating process required for their use at this application. However a deeper study may enable the use of both.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CES	Software CES EduPack 2014, Versão 14.3.5
PVC	Policloreto de Polivinila
PET	Politereftalato de Etileno
PMMA	Polimetil-metacrilato (Acrílico)
TR	Tanque Rede

SUMÁRIO

1	Intrdução.....	1
2	Revisão Bibliográfica.....	3
2.1	Produção aquícola mundial.....	3
2.2	O sistema de cultivo de peixes em tanque rede.....	4
2.3	Produção de pescado no Brasil.....	5
2.4	O tanque rede e os problemas associados a esse método produtivo.....	6
3	Materiais e Método.....	14
3.1	Diagramas de Ashby.....	14
3.2	Características desejadas.....	15
3.3	Seleção dos Materiais.....	16
4	Resultados e Discussões.....	22
4.1	Diagramas de Ashby.....	22
4.2	Refino dos Diagramas.....	22
4.3	Matriz de Decisão.....	22
5	Conclusões.....	23
6	Referências.....	25
7	ANEXO 1 – Diagramas de Ashby.....	27
8	ANEXO 2 – Matrizes dos Melhores Materiais.....	57
9	ANEXO 3 – Matriz de Decisão.....	59

1. INTRODUÇÃO

A proteína mais consumida no mundo é a de pescado, que representa 17% do consumo total (State..., 2014). Já no Brasil esta proteína ainda é responsável por uma pequena parcela, visto que a preferência da população é pelas carnes de aves, bovina e suína nesta ordem. A tendência, no entanto, é que o consumo de peixes, crustáceos e moluscos no Brasil aumente 52% nos próximos 10 anos (FAO..., 2014), tornando a atividade muito atrativa.

Com mais de 150 espécies cultivadas o sistema de produção de peixes em TR é um sistema consagrado mundialmente. Este se adapta muito bem às condições socioambientais brasileiras visando à produção de peixes tropicais em águas doces. O Brasil foi o 12º produtor mundial de pescado em 2012 (FAO..., 2014), e poderá se tornar o segundo maior produtor até 2024.

O Brasil possui ótimas condições para a aquicultura: 12% de toda a água doce do mundo (Brabo *et al.*, 2014), águas de superfície represadas com ótima qualidade para produção de pescado, e uma grande disponibilidade de cereais, como milho e soja, para a formulação de rações.

A atividade de produção de peixes no Brasil em sistema de TR com as características atuais se iniciou há cerca de 20 anos, sendo considerado um sistema de produção muito recente. Os problemas estão ocorrendo com maior frequência, criando uma ótima oportunidade para estudos científicos que servirão de apoio para o desenvolvimento do segmento de aquicultura.

Como a produção de peixes em TR é um sistema de produção de alta densidade de estocagem e que depende exclusivamente de grande renovação de

água, espera-se que as telas sejam eficientes a fim de permitir esta renovação, e que sejam duráveis, resistentes, conferindo alta biossegurança e relação de custo benefício adequadas.

O objetivo deste trabalho é avaliar possíveis revestimentos que garantam a integridade, resistência à corrosão e à degradação por UV de telas de arames para tanque-rede, em água doce, buscando um sistema de produção de peixes produtivo e com biossegurança.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Produção aquícola mundial

Segundo a definição da FAO, aquicultura significa a produção de organismos aquáticos, como peixes, crustáceos, moluscos e plantas aquáticas. Fazenda é uma forma de intervenção no processo de criação com fins agropecuários para aumentar a produção, com o povoamento regular, alimentação, incluindo a manutenção de rebanho sob algum tipo de controle e proteção contra predadores. A fazenda aquícola tem um setor de produção de organismos aquáticos, que dentre várias formas de criação está o sistema de produção de peixes em TR (Glossary..., 2008).

A aquicultura mundial é dominada pela produção de peixes em água doce com 56%, seguida pela produção de moluscos e crustáceos com 24%, peixes diádromos com 6%, peixes marinhos 3% e 1% de outros organismos aquáticos (State... 2010; FAO..., 2014).

A pesca e a aquicultura produziram no ano de 2012 em todo o mundo cerca de 160 milhões de toneladas, com receita de 220 bilhões de dólares e empregando de 660 a 820 milhões de pessoas em todo o mundo (10% a 12% da população mundial). Do total da produção estima-se que 10% ocorreram através de sistema em TR (State..., 2010).

O crescimento da aquicultura nas últimas 5 décadas (1961-2009) foi da ordem de 3,2% ao ano. Este crescimento foi construído em bases sustentáveis de produção, grande profissionalismo de toda a cadeia, e principalmente do canal de distribuição. No mesmo período a população mundial cresceu 1,7 % ao ano (State..., 2010; FAO..., 2014).

A distribuição da aquicultura no mundo se dá de maneira muito desigual. Em 2011 a Ásia foi responsável por 89 % do volume total, a América por 4,3%, a Europa por 4,2%, a África por 2,2% e a Oceania com 0,3%. A China produziu 64,1% de todo o pescado do mundo (State..., 2010; FAO..., 2014).

2.2. O sistema de cultivo de peixes em tanque rede

O TR de aquicultura é uma estrutura de tela onde são cultivados animais aquáticos como camarão, lagosta, caranguejo e principalmente peixes. Pode ser agrupado em 4 modelos quanto a sua dinâmica na água

I Fixo: apoiado em estruturas de postes fixado no fundo dos lagos ou rios;

II Flutuante: mais comum de todos e em vários formatos sendo os retangulares e redondos os mais usuais.

III Submergível: que flutua, mas pode ser submerso na água em situações especiais;

IV Submerso: que fica exclusivamente no fundo de lagos, rios e mares.

Quanto ao sistema de cultivo, podem ser agrupados em 3 modelos (Beveridge, 2004):

I Extensivo: Cultivado em água doce com baixa tecnologia e utilizam o alimento natural da área cultivada (Ex: China e Filipinas com criação de espécies de carpa e tilápia).

II Semi-intensivo: Cultivado em água doce ou de estuário, onde utilizam fornecimento de ração de baixa tecnologia, normalmente encontrada na própria região de produção (Ex: como o fornecimento de subproduto de alimento para criação de carpa e tilápia na Ásia e leste Europeu;)

III Intensivo: Cultivado em água doce e água salgada, com o fornecimento de ração elaborada, altas densidades de estocagem para a produção de tilápia, carpa, e carnívoros de maior valor agregado como salmão, bacalhau e garoupa (Beveridge, 2004).

Quanto ao tamanho do TR, podem ser classificados como:

I Pequeno porte: de 6 m^3 ($2 \times 2 \times 1,5\text{m}$) à 420 m^3 ($9 \times 9 \times 5\text{m}$)

II Médio porte de: 420 m^3 ($9 \times 9 \times 5\text{m}$) à 848 m^3 ($12 \times 12 \times 6\text{m}$)

III Grande porte de: 848 m^3 ($12 \times 12 \times 6\text{m}$) à 2500 m^3 ($15 \times 15 \times 11\text{m}$)

(Beveridge, 2004)



Figura 1: Tanque rede marinho de grande volume

(Fonte: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/>)



Figura 2: Tanque rede de água doce de pequeno volume

(Fonte: <http://juarez.tanqueredes.zip.net/>)

O modelo para a confecção do TR pode ser de madeira, bambu, poliamida, multifilamento, de arame de aço carbono revestido com polímeros e inox (Beveridge, 2004).

O sistema de sustentação pode ser de polietileno de alta densidade (PEAD) ou de aço carbono com revestimento galvanizado, tubos de alumínio, ou até mesmo em peças de madeira ou bambu. O sistema de flutuação pode ser de flutuadores tubulares de polietileno de alta densidade, polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC), polietileno expandido ou até mesmo confeccionado com bambu. (Beveridge, 2004)

Os materiais utilizados para confecção dos TR devem ser escolhidos pelo sistema produtivo. Alguns pontos importantes podem ser citados: a adequação à espécie de peixe que será cultivada, as condições ambientais presentes no criatório, o tipo de manejo que será utilizado; os materiais empregados na confecção sejam leves, mas com resistência mecânica adequada, e que tenham durabilidade frente à corrosão; de fácil aquisição no mercado; que tenha um histórico de funcionalidade reconhecido; não abrasivo aos peixes, que facilite a passagem de água pela malha da tela utilizada, e que tenha custo adequado para a proposta do projeto (Beveridge, 2004; Ayroza, 2009).

A principal vantagem do cultivo em TR é a possibilidade de trabalhar com alta densidade de peixes em um sistema intensivo, em função da alta taxa de renovação de água dentro das unidades produtivas, que retiram os metabolismos e dejetos produzidos, e repõe o estoque de oxigênio. Outras vantagens que podem ser citadas são: a rápida implantação, o baixo custo de montagem do projeto, a possibilidade de rápida expansão, o maior controle contra predadores naturais, a

produção de um pescado de alta qualidade e o aproveitamento de ambientes aquáticos existentes destinados a outras atividades, como exemplo barragens hidroelétricas (Beveridge, 2004; Ayroza, 2009).

O custo do TR então representa apenas uma pequena parcela do custo total de produção. No Brasil há relatos de 13% do custo de investimento inicial, mas considerando que o TR irá durar 5 anos ou 6 a 8 ciclos produtivos, no investimento o custo do TR no sistema de produção será de 1,6 a 2,3% do valor do investimento por ciclo (Cerqueira *et al.*, 2014).

O sistema de cultivo de peixes em TR que é encontrado hoje comercialmente é recente, e data dos anos de 1960 a 1970, desenvolvido na Noruega para o cultivo de salmão (Beveridge, 2004). O sistema atual é constituído de TR de grande volume onde predomina o cultivo do peixe salmão e bacalhau no mar, e TR de pequeno e médio volume em água doce com o cultivo de carpa, tilápia e bagre (Beveridge, 2004).

2.3. Produção de pescado no Brasil

Segundo registros da FAO a produção aquícola brasileira teve início em 1968 quando foi registrada a produção de menos de meia tonelada no ano. A aquicultura nacional vem crescendo gradualmente, atingindo a produção em 2012 de 800 mil toneladas (Censo..., [2013]). O peixe mais produzido em sistema TR no Brasil é a tilápia (a produção desse peixe aumentou 105% em apenas sete anos (2003-2009)), estimando-se cerca de 30% de toda a sua produção, sendo o país com o maior potencial de crescimento da aquicultura em toda a América (Censo..., [2013]).

O Brasil tem cerca de 8 mil km de litoral. É o país com a maior reserva de água doce disponível do mundo, com 8,2 bilhões de metros cúbicos, o que

representa 12% da água doce disponível em todo o planeta (Brasil, 2012; Brabo *et al.*, 2014). Possui cerca de 3,5 milhões de hectares de zona econômica ecológica, espalhadas em 5 milhões de hectares de terras inundadas por água doce para hidroelétricas e outras barragens de uso múltiplo. Há cerca de 660 reservatórios no Brasil, sendo que 510 são de grande porte, e que estão aptos ao desenvolvimento da aquicultura em TR (Brasil, 2012; Brabo *et al.*, 2014).

A pesca e a aquicultura são atividades fundamentais para a inclusão social. Dentro da cadeia produtiva no setor são gerados 1 milhão de empregos diretos e 3 milhões de empregos indiretos no Brasil. Para que o setor seja ainda mais produtivo, competitivo, inclusivo e sustentável, é preciso aprimorar técnicas de cultivo e manuseio, ampliar a assistência técnica, modernizar equipamentos, investir em pesquisa e garantir mais estrutura à cadeia produtiva (Brasil, 2012; Brabo *et al.*, 2014).

Diversas ações conjuntas vêm sendo implementadas para incentivar o setor, como políticas públicas, que visam ampliar a produção de pescado com a prática da aquicultura. Podemos citar a implantação de novos parques aquícolas em lagos e represas de várias regiões do Brasil, a criação de diversas linhas de crédito para aquisição de novas estruturas, equipamentos, barcos, a simplificação do processo de licenciamento, a desoneração fiscal para que o pescado tenha a um preço mais acessível para o consumidor final e o melhoramento genético de espécies. (Censo... [2013]; Brasil, 2012; Brabo *et al.*, 2014).

Em função da quantidade e qualidade de águas de superfície no Brasil, o sistema de produção de peixes em TR vem crescendo fortemente na última década, principalmente devido à produção de tilápia em TR de pequeno e médio porte, o que contribui para que no ano de 2008 a piscicultura em TR representasse cerca de 8%

(1452 unidades) dos empreendimentos aquícolas no Brasil (Censo... [2013]; Brabo *et al.*, 2014).

Os primeiros criatórios em TR iniciaram em 1992, mas foi a partir de 1997 que se consolidou com um sistema de criação no nordeste brasileiro, nos lagos do complexo de Paulo Afonso nos estados da Bahia, Pernambuco e Alagoas.

O modelo dominante é o TR retangular de 6 metros cúbicos (dois metros de largura por dois metros de comprimento por um metro e meio de profundidade), flutuante, com tela de arame galvanizado revestido em PVC, com estrutura de alumínio ou tubo de aço galvanizado a fogo. (figura 1a). O segundo sistema mais cultivado é o de 18 m³ (figura 1b).

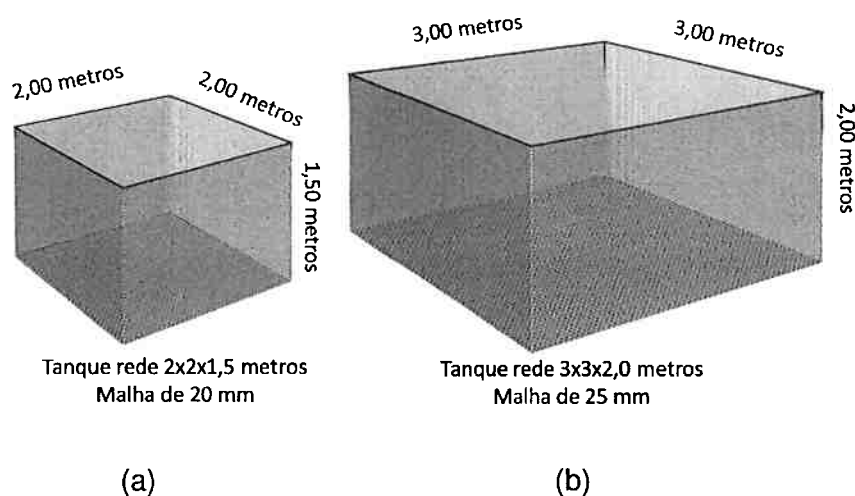


Figura 3: (a) Tanque rede de piscicultura de 2 x 2 x 1,5 metros ou 6 m³, (b) Tanque rede de piscicultura de 3 x 3 x 2 metros ou 18 m³.

(Fonte: <http://www.snatural.com.br/>)

Para o sistema brasileiro, a classificação de tamanho para o TR deve ser adaptada para a realidade nacional, classificada abaixo (Ayroza, 2009; Brabo *et al.*, 2014):

I Pequeno porte 6 m^3 ($2 \times 2 \times 1,5$) à 14 m^3 ($3 \times 3 \times 1,5$)

II Médio porte de 14 m^3 ($3 \times 3 \times 1,5$) a 72 m^3 ($6 \times 6 \times 2$)

III Grande Porte 72 m^3 ($6 \times 6 \times 2$) a 2.000 m^3 ($20 \times 20 \times 5$)

Cabe ressaltar que todo país em função de suas características socioeconômicas ambientais, tem referências próprias para classificar seus empreendimentos como pequeno, médio ou grande porte, e o mesmo deve ser considerado para a aquicultura no Brasil.

2.4. O tanque rede e os problemas associados a esse método produtivo

As telas para tanque rede são geralmente produzidas no modelo de tela de simples torção segundo a ABNT NBR-10118, comercialmente chamadas de tela tipo alambrado (Associação... (2013)).

Os modelos mais comuns no Brasil são produzidos com arames de dois diâmetros: 1,90mm e 2,30mm, com alma de arame galvanizado 1,24mm e 1,65mm respectivamente e revestimento em PVC até diâmetro final. Segue abaixo modelo de uma tela de simples torção:

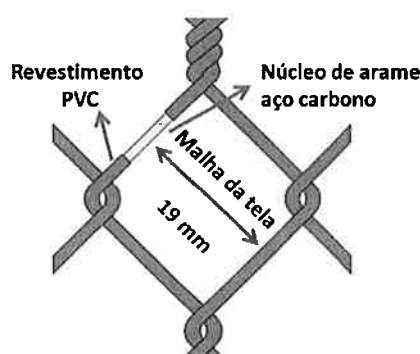


Figura 4: Detalhe da malha da tela de alambrado, segundo norma NBR-10118.

(Fonte: Norma NBR-10118)

A tela então deve apresentar um revestimento com espessura uniforme e sem defeitos superficiais, deve possuir boa resistência à corrosão e a raios UV, resistência mecânica adequada e ótima aderência do revestimento ao arame, para que não ocorra infiltração de água levando à corrosão e rompimento da tela. A resistência mecânica do revestimento também deve ser adequada para que não ocorram cortes em sua superfície, tanto na produção da tela, quanto na própria aplicação, evitando também a infiltração de água.

A aplicação em tanque rede é muito crítica e um rompimento da tela pode ocasionar a fuga de peixes, com sérios problemas de impacto ambiental, além dos prejuízos econômicos (Plano..., 2014). Um problema que está dificultando o sistema de TR no Brasil é a bio-incrustação de molusco dourado.

Este organismo tem o hábito de aderir em vários substratos presentes nos corpos d'água, e também na tela do TR, aumentando o peso da estrutura, dificultando o manejo, impedindo a renovação da água por mecanismo de obstrução da malha da tela, e aumentando a pressão de arraste do TR (Beveridge, 2004). Várias tentativas de matar ou reduzir a aderência do Molusco Dourado vem sendo testadas, principalmente em usinas hidroelétricas e sistemas de captação de águas, mas nenhuma até então foi 100% eficiente e ao mesmo tempo segura para o meio ambiente .



Figura 5: Tela de TR fortemente infestado com Molusco Dourado (Fonte: <http://www.ibama.gov.br>)

A colmatção nas telas dos TR ocorre tanto em água doce quanto em ambiente marinho, sendo este de forma mais agressiva. Além de impedir a livre passagem da água através da malha, o peso da colmatção acumulada é muito prejudicial e pode levar em casos extremos ao rompimento da tela. Em ensaios de 5 meses de duração em ambiente marinho telas confeccionadas com nylon chegam a aumentar em até 108 vezes o seu peso inicial de $0,23 \text{ kg/m}^2$, telas de polietileno em até 200 vezes o seu peso inicial de $0,18 \text{ kg/m}^2$, e telas de simples torção de arame galvanizado revestido em PVC em até 2,75 vezes do seu peso inicial de $2,03 \text{ kg/m}^2$. As telas de arame galvanizado revestida em PVC apresentam o menor nível de colmatção quando comparadas com telas de poliamida e polietileno no mesmo período (Arana, 1999).

Algumas tintas anti-incrustantes a base de cobre já foram testadas com grande sucesso pelo mundo para reduzir o problema da colmatção. Em equipamentos de hidrelétricas no Estado de São Paulo, como na Usina Hidrelétrica de Ibitinga, o mesmo processo vem sendo utilizado para evitar a incrustação do

Molusco Dourado O problema de utilizar este sistema como forma de diminuição da colmatação, é o risco de causar problemas de contaminação ambiental, principalmente pela ação do cobre (Beveridge, 2004;Bergmann. 2010).

Assim buscam-se revestimentos alternativos que possam contribuir para uma melhor confecção dos TR e com isso ajudar no desenvolvimento deste método responsável pela produção de boa parte dos pescados do país.

3. MATERIAIS E MÉTODO

Como citado anteriormente, as telas comerciais utilizadas para produção de tanques rede têm como base arame galvanizados simples revestidos de polímeros, na sua grande maioria PVC. Neste trabalho vamos analisar através de diagramas de Ashby quais materiais poliméricos tem as características necessárias para serem utilizados para o revestimento do arame, visando avaliar se existe alguma opção diferente das usadas hoje em dia.

3.1. Diagramas de Ashby

O processo de seleção de materiais pode ser abordado de duas formas, macroscópica e microscópica. A prática mostra que elas se completam; a primeira aceita um grande número de opções e, por processo de seleção e eliminação, prepara o terreno para uma abordagem microscópica.

A essência do conceito de seleção de materiais encontra-se nos Mapas das Propriedades dos Materiais, desenvolvidos por Michael Ashby. Eles procuram agrupar todas as famílias de materiais em gráficos cujas coordenadas compõem, sempre que possível, índices de mérito (fórmulas algébricas que combinam propriedades de materiais e que quando maximizadas aperfeiçoam algum aspecto de desempenho) utilizados em cálculos de dimensionamento de seleção. O agrupamento de todos esses materiais em um desses gráficos exige o uso de escalas logarítmicas, o que naturalmente ocasiona uma perda de definição, compensada com o aumento de amplitude (Ashby, 1999).

De posse dessas Cartas de Ashby e das propriedades importantes ao projeto, podemos fazer uma pré-seleção de quais materiais podem ser mais eficazes em se obter os resultados esperados para solução.

3.2. Características desejadas

Analisando todo o processo produtivo da aquicultura em tanques rede pode-se chegar a conclusão que alguns elementos são muito importantes para o fio usado para a sua construção:

- Resistência a Abrasão: é de extrema importância, pois os TR estarão sujeitos ao fluxo contínuo da água do reservatório e de todas as partículas presentes nela.
- Resistência a Corrosão: por estar imersa em uma solução que sofre constantes alterações de temperatura, PH e substâncias dissolvidas, por isso será outra característica de extrema importância.
- Processabilidade: é necessário levar em conta que os materiais escolhidos serão utilizados para realizar o revestimento de arame galvanizado simples, então materiais com processabilidade complicada podem inviabilizar o projeto.
- Resistência Mecânica: as telas do TR terão de aguentar o peso que vai crescer ao longo do tempo devido a partículas e seres vivos que aderem na sua superfície, além de impactos com corpos trazidos pelo fluxo de água e dos próprios peixes.
- Biocompatibilidade: os TR serão utilizados em ambientes que já tem um ecossistema formado e para criação de animais que serão

utilizados para consumo humano, sendo assim deve ser tomado muito cuidado para que nada tóxico seja lançado ao ambiente.

- **Degradação UV:** os TR ficam em ambiente aberto expostos a luz do sol, então é muito importante que o polímero do revestimento não sofra degradação por efeito dessa exposição constante a ela.
- **Custo:** a criação em TR ganhou sua popularidade justamente por se tratar de um processo simples e de baixo custo. Os produtores são, na sua maioria, de pequeno porte e são demandadas grandes quantidades de tela. Sendo assim valores muito altos podem inviabilizar o negócio.

3.3. Seleção dos Materiais

Com base nas características acima definiu-se a metodologia a ser usada para selecionar os possíveis polímeros que serviriam como bom revestimento para os TR. Através do CES, um software que fornece uma ampla base de dados de materiais, informações de processo e as cartas de Ashby, foram escolhidos seis parâmetros que englobavam as principais especificações importantes para os possíveis polímeros a serem utilizados. Os parâmetros foram:

- **Biodegradação:** Indica se um material é biodegradável.

Notas de seleção de materiais: Materiais biodegradáveis não são biodegradáveis em condições anaeróbias (como frequentemente encontrados em aterros sanitários). Como um resultado, os benefícios ambientais de materiais biodegradáveis só serão realizados se o

material for exposto às condições ambientais corretas (oxigênio e água) no seu fim de vida (CES).

- **Radiação UV (luz solar)** : Classificação da durabilidade do material à degradação por radiação ultravioleta (UV) da luz solar - a durabilidade intrínseca na ausência de medidas de proteção adicionais.

Notas de teste: Para os produtos e componentes em ambientes ao ar livre, estamos preocupados com os efeitos nocivos da radiação UV na faixa de 290-400 nm. Comprimentos de onda mais baixos são filtrados pela atmosfera da Terra. Interior, mais UV é filtrado pelo vidro da janela. Numerosos testes e normas foram criadas para UV avaliação ao intemperismo, alguns baseados no natural e outros em condições artificiais ou acelerados - por exemplo, ASTM D 2565 (prática padrão para Xenon Arc exposição de plásticos destinados a aplicações externas). Degradação por UV de materiais é vulgarmente medida em termos de perda de propriedades mecânicas - por exemplo, como a meia-vida da resistência à tração ou de alongamento (fragilização) de um material. Ele também pode ser medido em termos de danificação da superfície, mudança de cor, perda de transparência, a perda de brilho, perda de peso, desprendendo-se da superfície danificada, ou alguma outra mudança indesejável. A classificação não se relaciona diretamente com qualquer um dos testes - a falta de dados disponíveis em condições de ensaio normalizados para a largura torna isso impraticável.

A avaliação foi feita em ordem de magnitude da durabilidade em clima temperado.

Poor: dias / semanas, Fair: Meses / anos, Good: anos, Excellent: Dezenas de anos (CES).

- **Resistência a Água/Umididade:** A resistência do material à água ou à umidade. A resistência foi classificada como mostrado abaixo:

Poor: resistência baixa, corrosão uniforme poderia ocorrer no ambiente.

Restricted: o material deve ser considerado para esse ambiente apenas para tempos de baixa exposição.

Moderate: poderia ser usado no ambiente, mas com restrições (baixa umidade, temperaturas baixas ou baixo tempo de exposição).

Good: Material comumente utilizado neste ambiente, mas pode ter um aviso em alguns casos específicos (ou seja, altas temperaturas, umidade elevada)

Excellent: material amplamente utilizado neste ambiente sem restrição (CES).

- **Preço (valor / unidade de massa):** Preço por unidade de massa.

Aproximado, para fins de classificação.

Notas: Preço do material depende de muitos fatores, incluindo a disponibilidade, volume comprado, a volatilidade dos preços de matérias prima que são usadas para fazer isso, e certificações do fabricante que ele carrega. O preço dado aqui é um preço aproximado para a compra de alto volume de um produtor primário. Espere preços significativamente mais elevados para materiais que são fabricados em

volumes baixos ou são para fins especiais, como médica. Os preços apresentados são baseados nos publicados nos mercados mundiais de *commodities* ou recolhidos de fabricantes e de outras fontes. Nos casos em que dados de mercado não estão disponíveis, o preço é estimado usando um modelo. Ambos os preços e taxas de câmbio (de dólares) são atualizados em cada lançamento anual do software. Com a exceção de cerâmica, compósitos de matriz metálica e espumas / favos de mel, o preço cotado é que os precursores de materiais utilizados na formação / processo de formação. Por exemplo, o preço cotado para 'Alumínio, 7075, feito, T6' representa o preço de boleto utilizado no início do processo de fabricação e não inclui o preço do rolamento / forjamento ou tratamento térmico (CES).

- **Resistência à fadiga com 10^7 ciclos:** Máximo ciclo de tensão para a qual o material sobrevive a 10^7 ciclos. Para algumas classes de materiais isto é considerado como o "limite de resistência", a tensão à qual o material tem a vida infinita a fadiga. A vida de fadiga é altamente dependente de condições de carga e qualidade de acabamento de superfície, então use os valores no banco de dados apenas como um guia.

Índices de fadiga típicos (resistência à fadiga de resistência à tração): reforçados com fibra de carbono e aramida compósitos contínuas, 0,5-0,7; plásticos semicristalinos, 0,3-0,4; plásticos amorfos, 0,2-0,3 (CES).

- **Módulo de Young** - Rigidez da tensão (também chamado módulo de elasticidade, módulo elástico ou módulo de elasticidade).

Notas de teste: O módulo de Young (E) é a inclinação da parte linear inicial-elástica da curva de tensão-deformação em tensão.

Os valores típicos: Plásticos e elastômeros flexíveis <1 GPa, Plásticos não preenchidos 1-4 GPa, Plásticos reforçados 5-25 GPa, Metais ferrosos 70-250 GPa, Metais não-ferrosos 10-310 GPa, Cerâmica Técnica 20-700 GPa, Materiais cerâmicos e vidros 1-120 GPa (CES).

De posse destes parâmetros foram obtidos os diagramas de Ashby do cruzamento de todos os parâmetros utilizando-se o filtro de materiais poliméricos e o "Level 2", que conta com 29 polímeros, do banco de dados de materiais (O programa possui 3 "Levels", sendo que o 1 é o mais simples e o 3 o mais complexo. O "Level 3" não foi utilizado pois apresenta materiais muito específicos que não são de fácil acesso, o que faria perder o sentido para aplicação em TR) . Na biodegradação procuraram-se os materiais que não eram biodegradáveis, pois como estes vão ficar expostos ao ambiente caso isso ocorresse o arame do tanque rede seria exposto e isso aumentaria muito a chance de falha deste. No quesito preço foi sempre levado em conta os materiais com menor preço, por ser tratar de uma aplicação de baixo valor agregado. No caso da Radiação UV (luz solar), Resistência a Água/Umidade, Resistência à fadiga com 10^7 ciclos e Módulo de Young por serem propriedades que quanto mais altos seus valores maiores a durabilidade e resistência do material, foi utilizado sempre os materiais com o maior valor possível dessas características. Desta maneira pode-se elaborar uma matriz

de decisão ao fim com os materiais que apareceram como os melhores comparando-se todas as características.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Diagramas de Ashby

Foram obtidos os diagramas que seguem nas Figuras de 1 a 30 do ANEXO 1.

4.2. Refino dos Diagramas

Com base nos diagramas escolhidos, foram selecionados os 10 melhores materiais de cada cruzamento e com isso foram elaboradas as Tabelas de 1 a 6 do ANEXO 2.

4.3. Matriz de Decisão

De posse dessas tabelas foi contada quantas vezes cada material aparecia no top 10 de um cruzamento, ou seja, era um dos 10 melhores materiais quando se consideravam ambas as características. Feito essa contagem, bastou-se escolher os materiais que mais apareceram em todos os requisitos, ou seja, que eram os mais completos. Como ilustrado na Tabela 1 do ANEXO 3.

Feito esse processo os materiais que mais se destacaram foram PVC, PET, PMMA e Poliéster.

5. CONCLUSÕES

O revestimento mais utilizado na fabricação de telas para TR no Brasil hoje é o PVC, então o fato dele aparecer entre os 4 selecionados mostra que o método utilizado é condizente com a realidade dessa indústria e pode ser considerado como efetivo. Resta agora discutir sobre a possibilidade de utilização dos outros 3 materiais.

PMMA: de acordo com a descrição do CES o PMMA considerado no banco de dados é o acrílico. A sua processabilidade para a produção de arames revestidos seria muito complexa e envolveria a utilização de aditivos, o que poderia encarecer muito o processo além de trazer características indesejadas. Levando em conta estes aspectos não seria interessante, de imediato, contar como o PMMA como uma alternativa ao PVC. No entanto, ele usado como resina poderia ser mais viável na utilização para revestimentos das telas. Trata-se de uma opção em potencial que demandaria mais estudos para se tornar viável.

Poliéster: de acordo com a descrição do CES o Poliéster considerado no banco de dados é o termofixo. Parecido com o PMMA a sua processabilidade para a produção de arames revestidos seria muito complexa e envolveria a utilização de aditivos, o que poderia encarecer muito o processo além de trazer características indesejadas. Levando em conta estes aspectos, de imediato, não seria interessante contar como o Poliéster como uma alternativa ao PVC. No entanto através de processos como revestimento via pistola ou pultrusão a sua aplicação poderia se viabilizar. Sendo assim, também se trata de uma opção em potencial que demandaria mais estudos para se tornar viável.

PET: no caso do PET trata-se de um dos polímeros mais utilizados na indústria hoje, muito bem conhecido, com as características desejáveis para o revestimento de TR e que já é utilizado para revestimento de arames. Sendo tem potencial para ser um potencial substituto do PVC.

6. REFERÊNCIAS

ARANA, L. V. *Aquicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira*. Florianópolis-SC: UFSC, 1999.

ASBHY, M. *Materiais Selection in Mechanical Mesign*. 2nd ed. – M. Ashby(B-H_1999)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR – 10118. Tela de arame zincado de simples torção: especificação. 2.ed. Rio de Janeiro, 2013.

AYROZA, L. M. S. *Criação de tilápia do Nilo, Oreochromis nilotius, em tanques-rede, na usiasna hidrelétrica de Chavantes, rio Paranapanema, SP/PR*. 2009. 92f. Tese (Doutorado em Aquacultura) – Centro de Aquacultura, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jabuticabal, SP.

BERGMANN, C.P. et al. *Seleção de materiais e revestimentos para o controle de incrustações do mexilhão dourado na Usina Hidrelétrica de Ibatinga (SP, Brasil).Matéria (Rio J.) [online]. 2010, vol.15, n.1 [cited 2015-11-18], pp. 21-30 . Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762010000100004&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1517-7076. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-70762010000100004>.*

BEVERIDGE, M. *Cage aquaculture*. 3.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA, Brasil 2013. Brasília: Ministério da pesca e aquicultura, 2014.

BRABO, M. F.; **VERAS**, G. C.; **PAIVA**, R. S.; **FUJIMOTO**, R. Y. Aproveitamento aquícola dos grandes reservatórios brasileiros. *Bol. Inst. Pesca*, v.40, n.1, p.121-134, 2014.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. *Plano Safra da Pesca e Aquicultura 2012/2013/2014*. 2012. Disponível em: <<http://www.asbraer.org.br/arquivos/bibl/89-plano-safra-pesca-aquicultura.pdf>>. Acessado em: 10 setembro 2015.

CENSO AQUÍCOLA NACIONAL, ano 2013. [Brasília]: Ministério da Pesca e Aquicultura, [2014].

CES, EduPack 2014: Versão 14.3.5

FAO global aquaculture production volume and value statistics database updated to 2012. [s.l.]: FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2014.

GLOSSARY of aquaculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008. 401p.

PLANO SAFRA DA PESCA E AQUICULTURA 2012/2013. [Brasília]: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2014.

STATE of world fisheries and aquaculture 2014. Rome: FAO / Fisheries and Aquaculture Department,. 2010. 197p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>>. Acessado em: 25 de setembro de 2015.

ANEXO 1 – Diagramas de Ashby

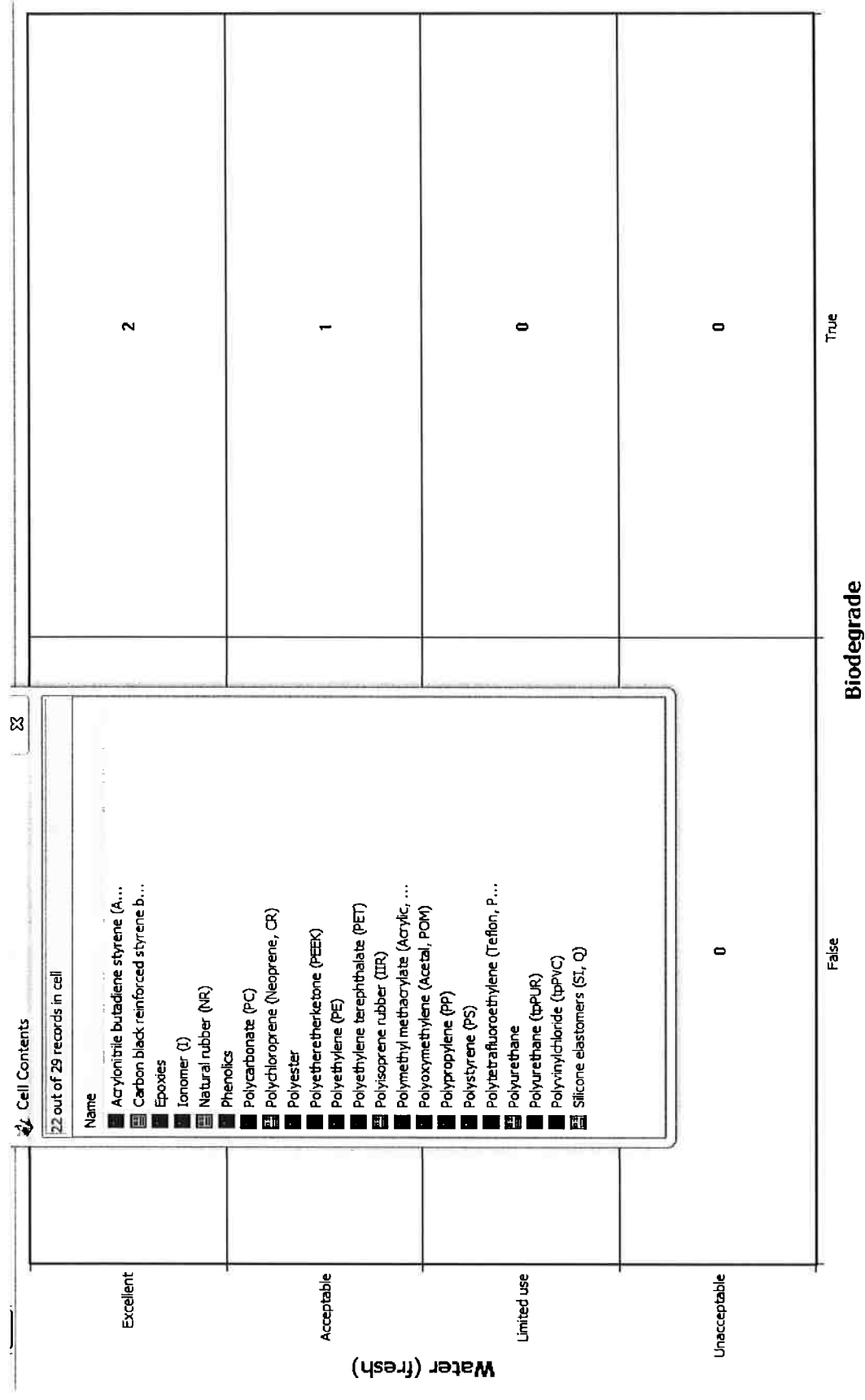
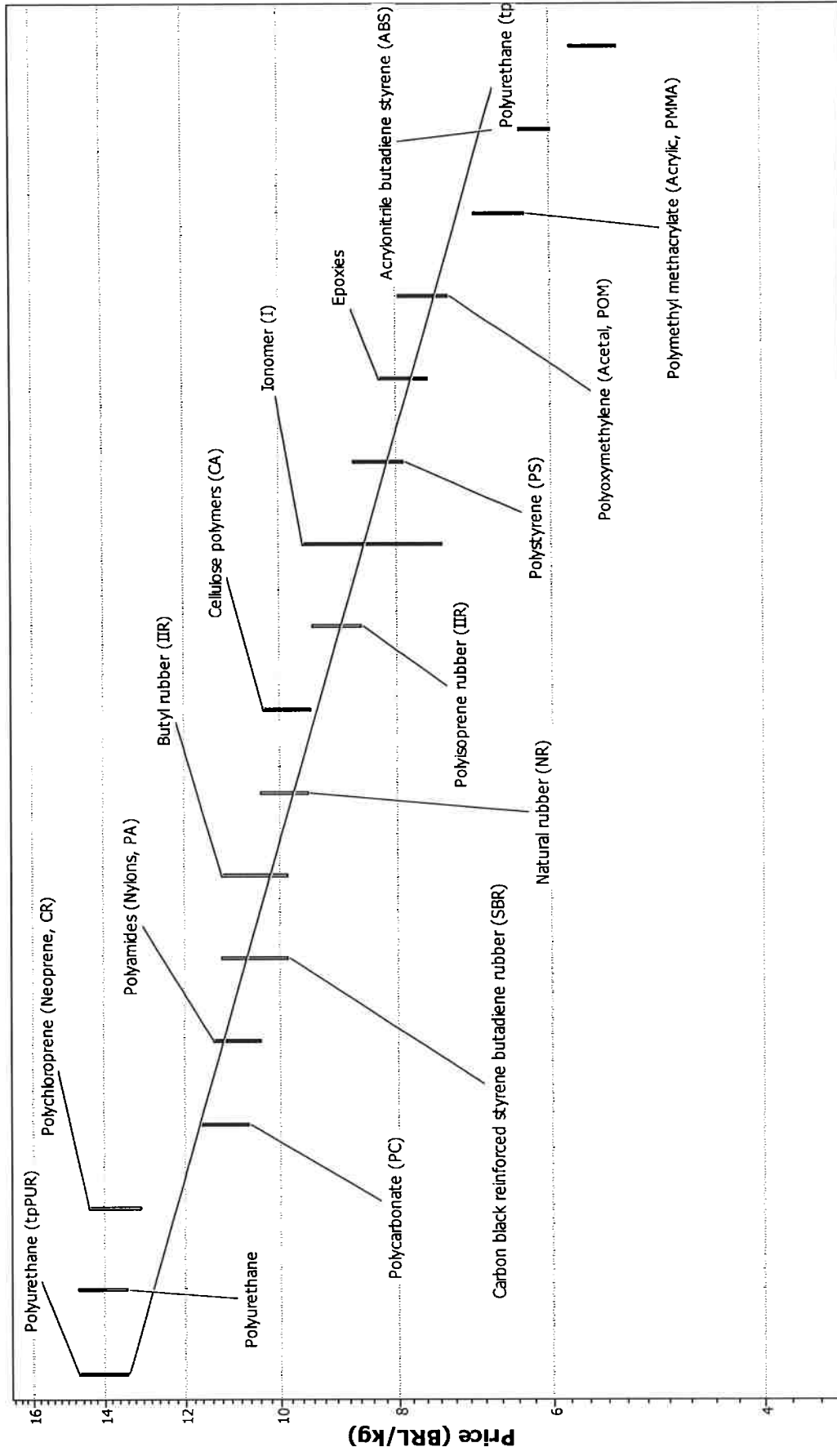


Figura 1 : Diagrama de Ashby de Resistência a Água/Umidade contra Biodegradação (Fonte: CES)



Biodegrade

Figura 2 : Diagrama de Ashby de Preço contra Biodegradação – Zoom nos não biodegradáveis. (Fonte: CES)

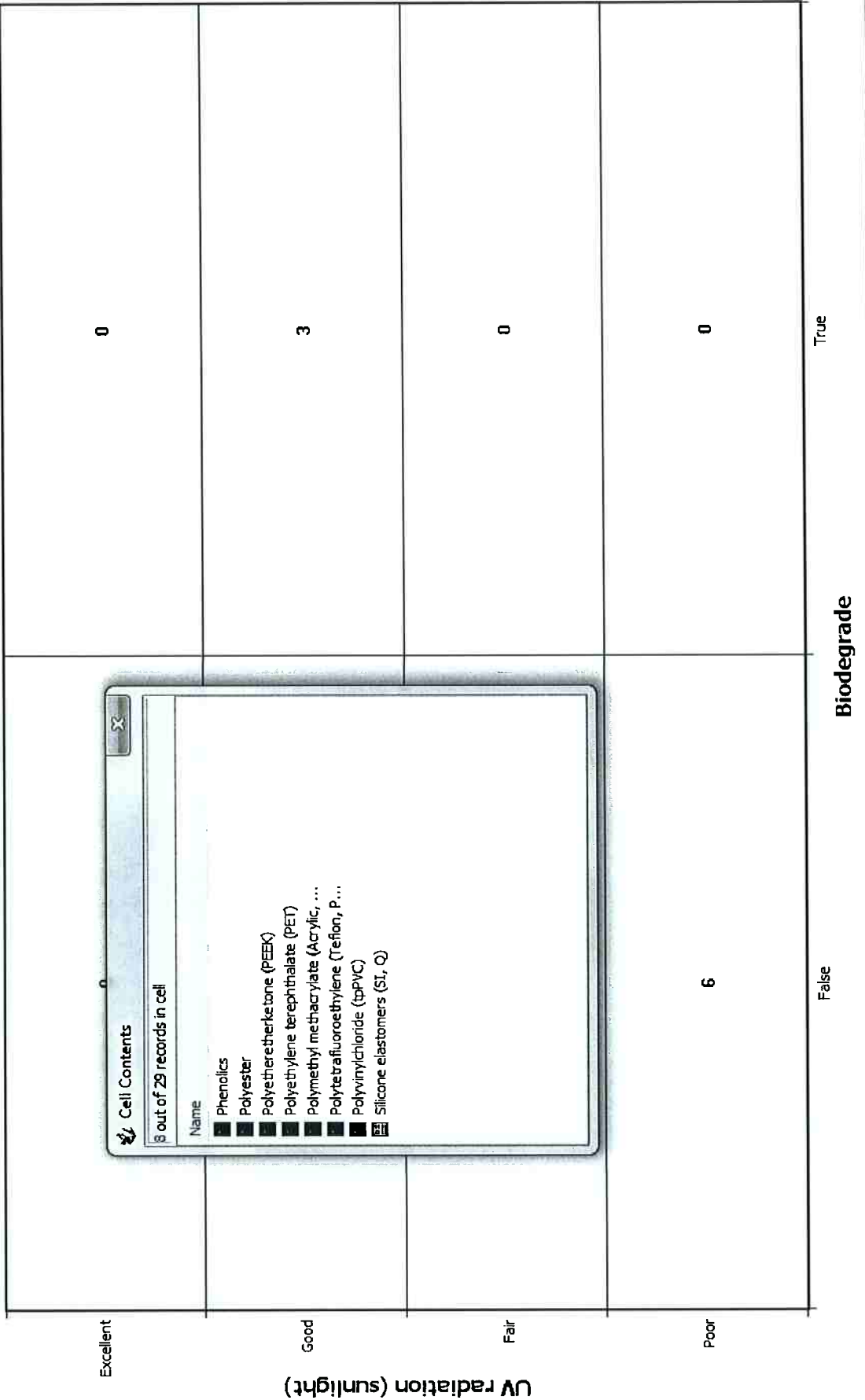
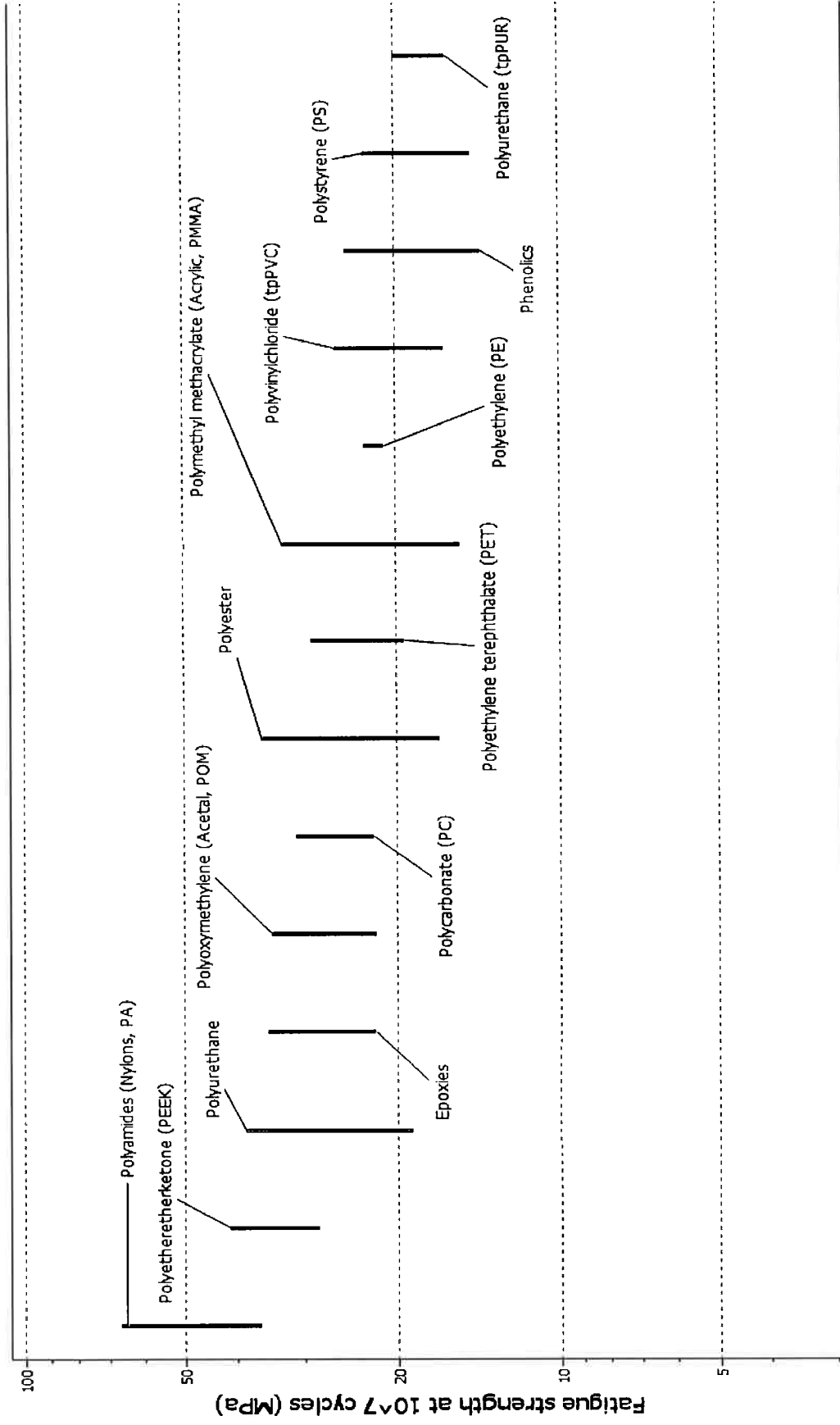


Figura 3 : Diagrama de Ashby de Radiação UV (luz solar) contra Biodegradação. (Fonte: CES)



Biodegrade

Figura 5 : Diagrama de Ashby de Resistência à fadiga com 10^7 ciclos contra Biodegradação – Zoom nos não biodegradáveis. (Fonte: CES)

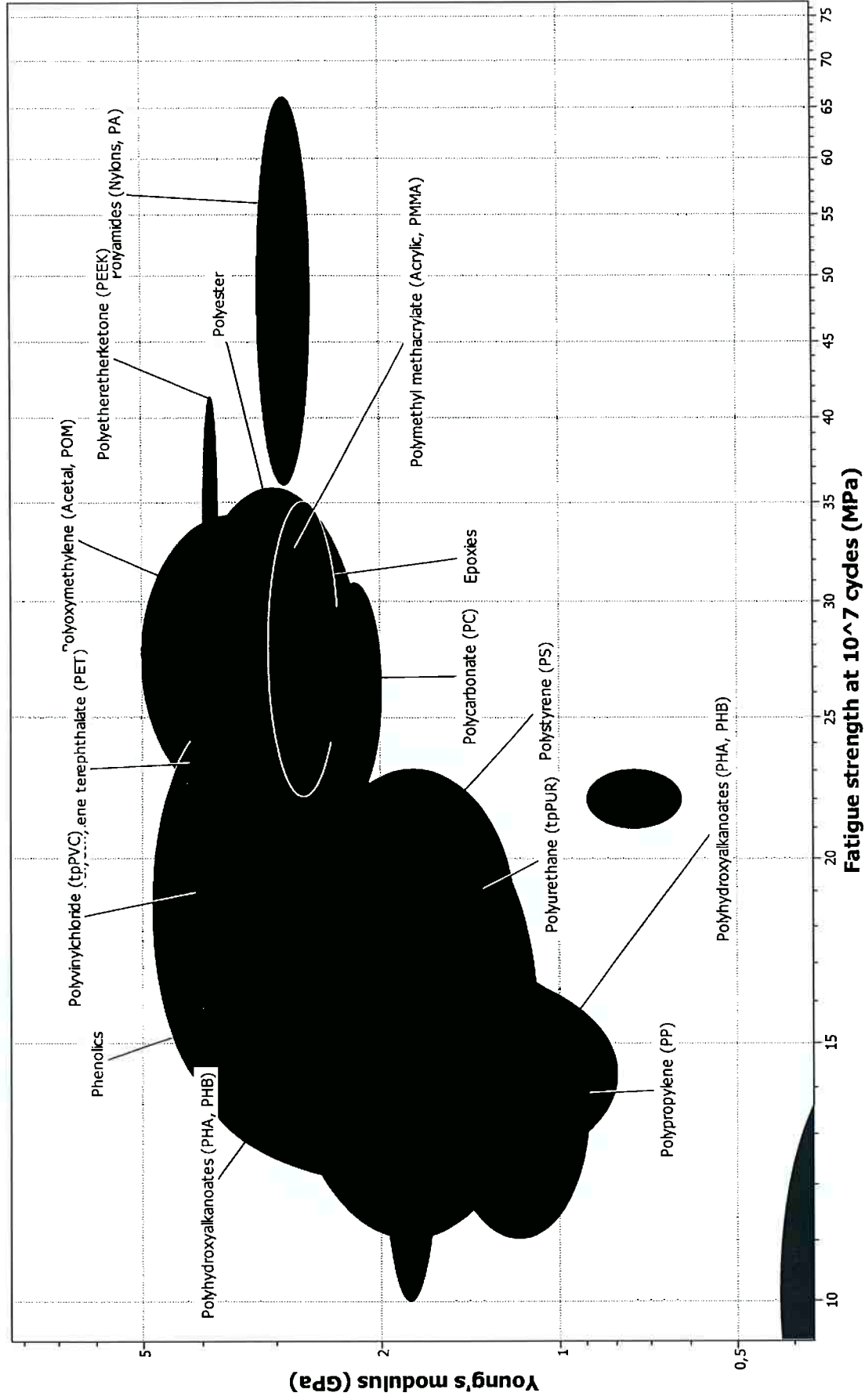


Figura 6 : Diagrama de Ashby de Módulo de Young contra Resistência à fadiga com 10^7 ciclos. (Fonte: CES)

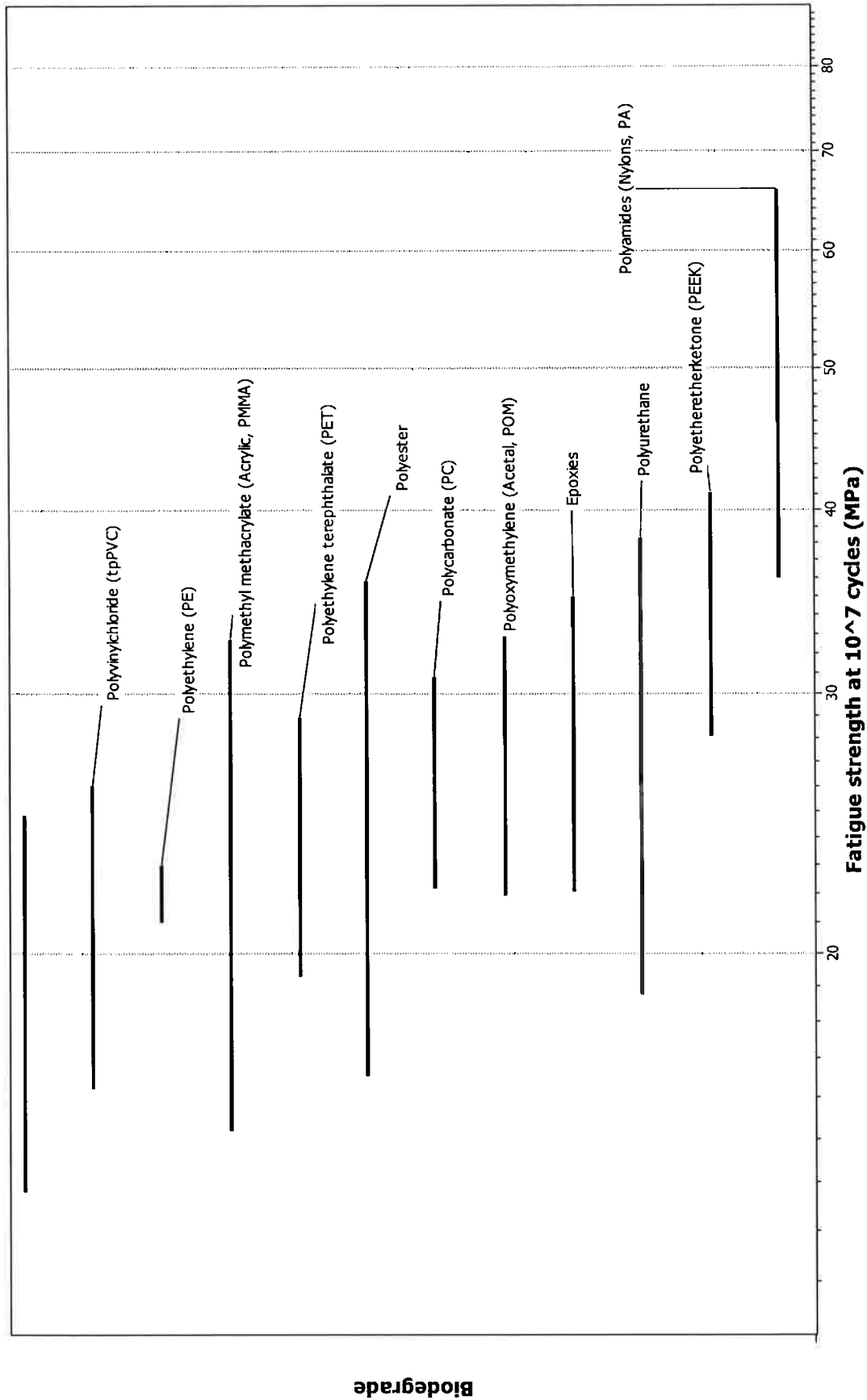


Figura 7 : Diagrama de Ashby de Biodegradação contra Resistência à fadiga com 10^7 ciclos – Zoom nos não biodegradáveis. (Fonte: CES)

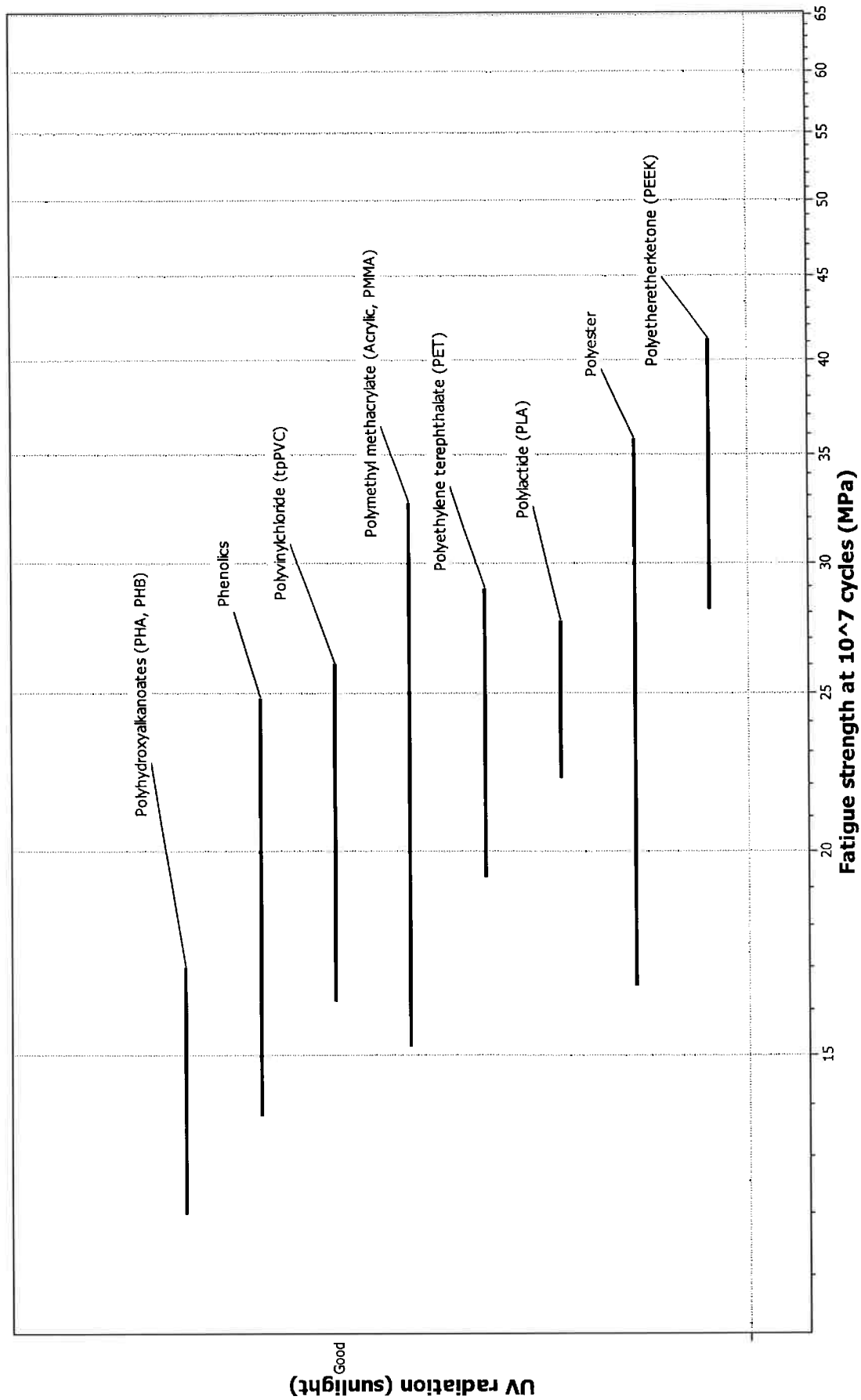


Figura 8 : Diagrama de Ashby de Radiação UV (luz solar) contra Resistência à fadiga com 10^7 ciclos. (Fonte: CES)

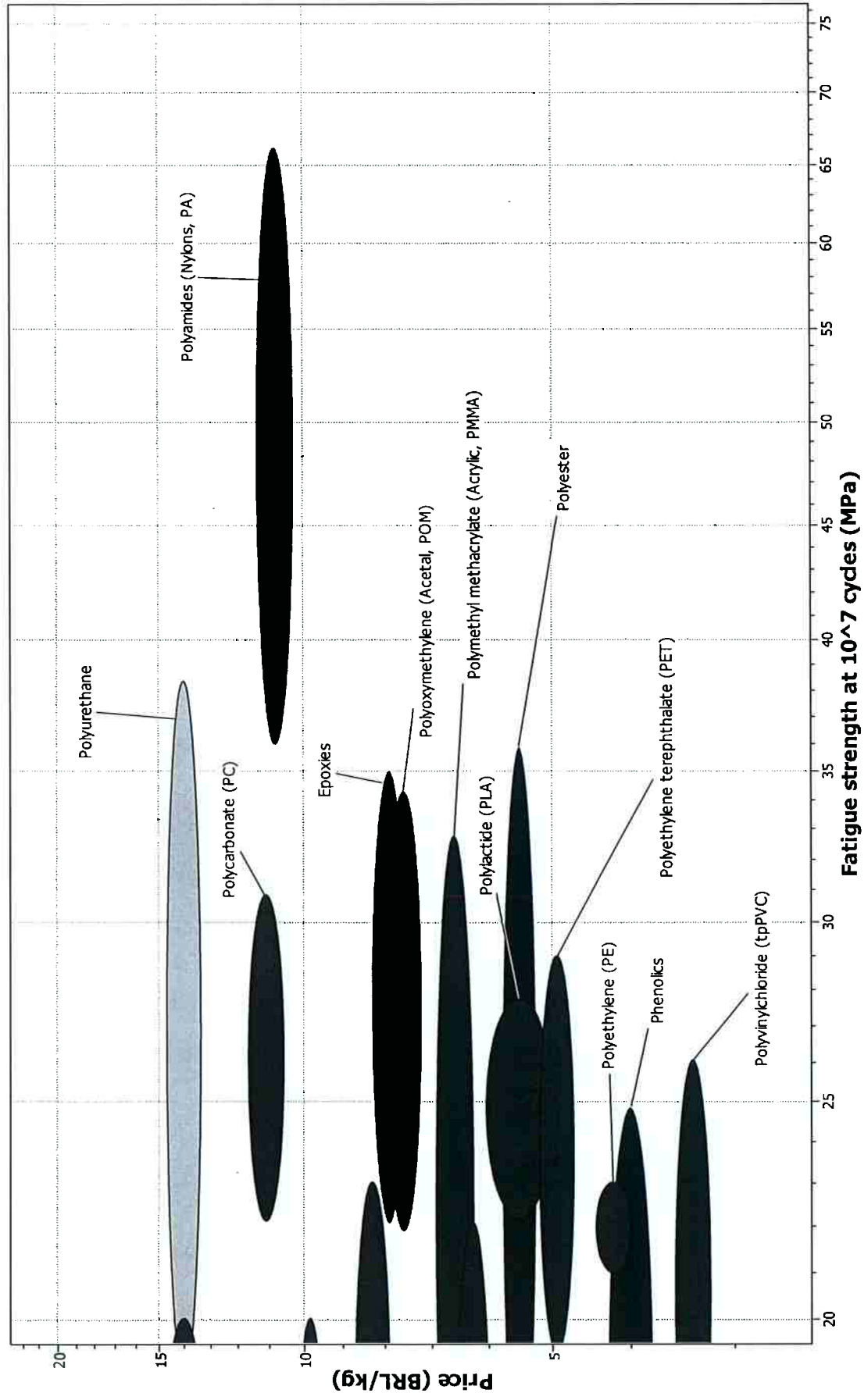


Figura 9 : Diagrama de Ashby de Preço contra Resistência à fadiga com 10^7 ciclos. (Fonte: CES)

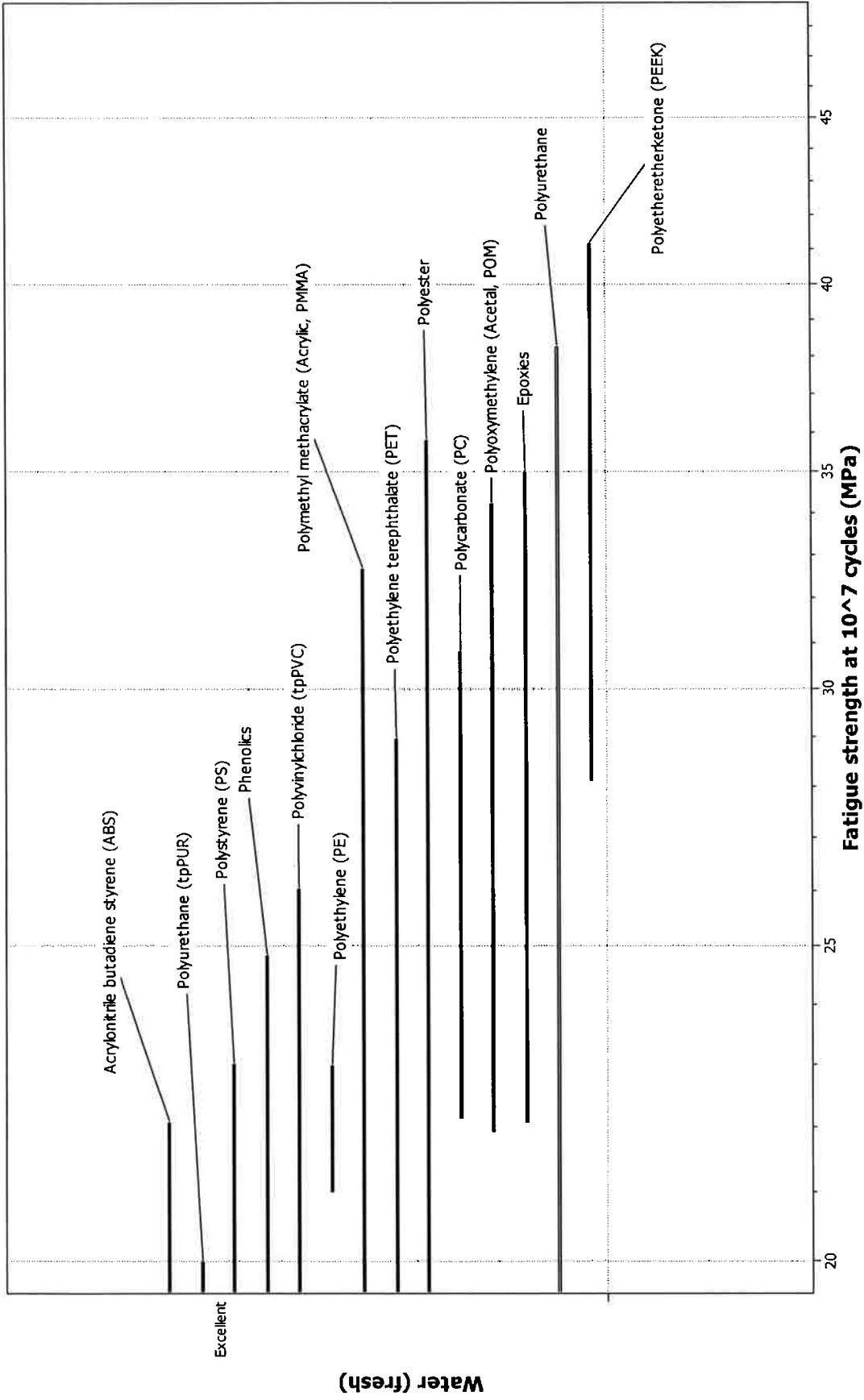


Figura 10 : Diagrama de Ashby de Resistência a Água/Umidade (Zoom no excelente) contra Resistência à fadiga com 10^7 ciclos. (Fonte: CES)

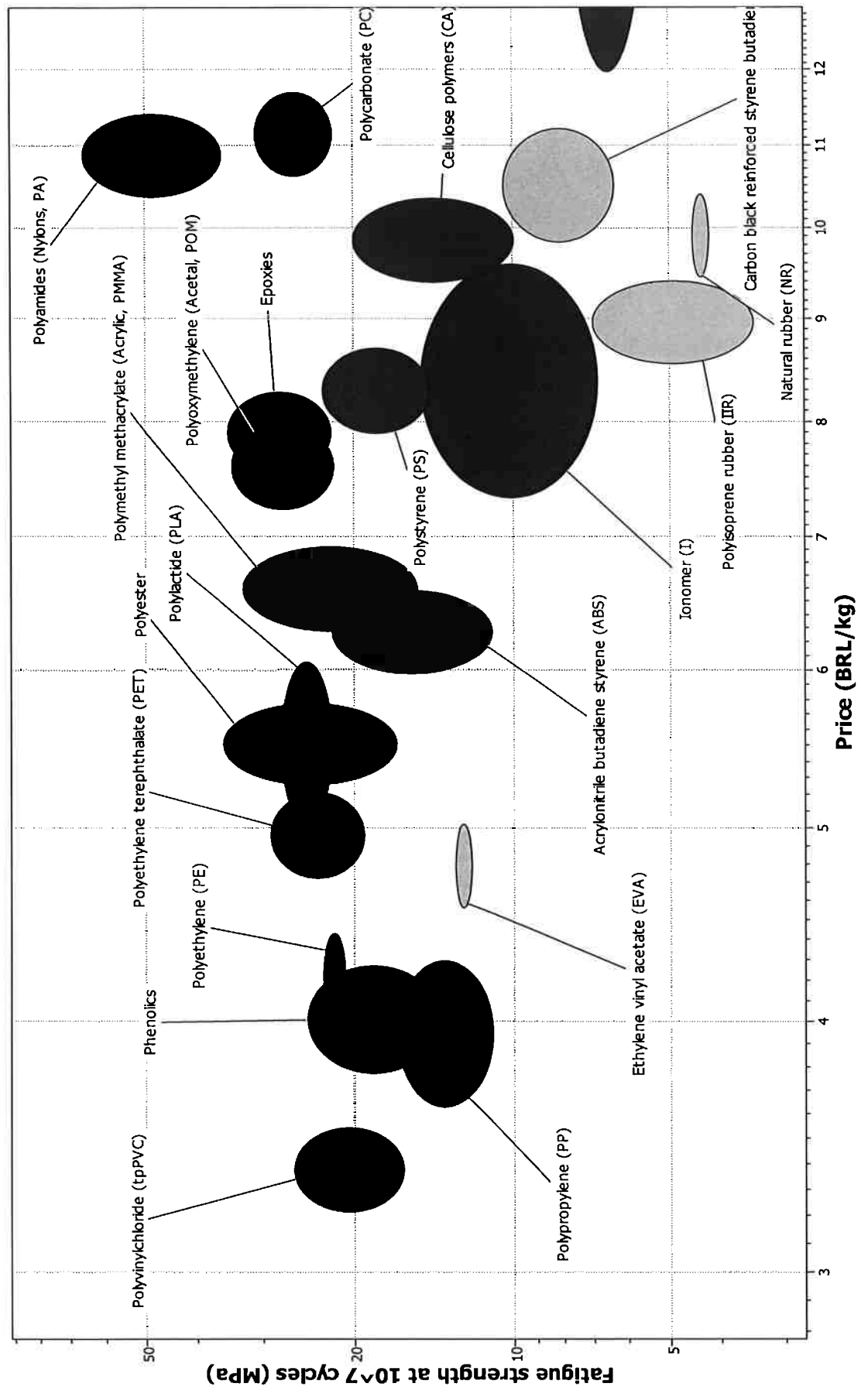


Figura 11 : Diagrama de Ashby de Resistência à fadiga com 10^7 ciclos contra Preço. (Fonte: CES)

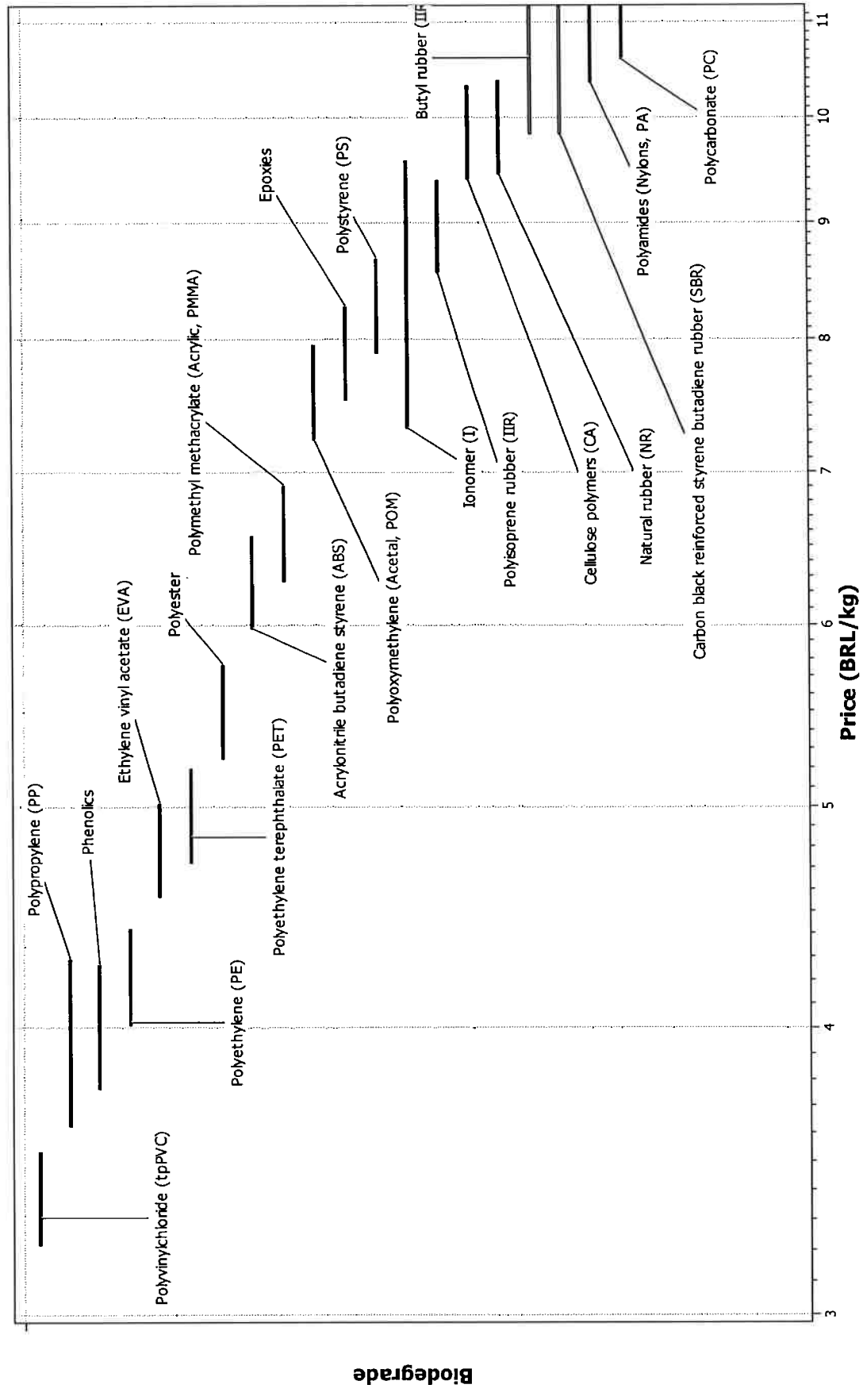


Figura 12 : Diagrama de Ashby de Biodegradação contra Preço – Zoom nos não biodegradáveis. (Fonte: CES)

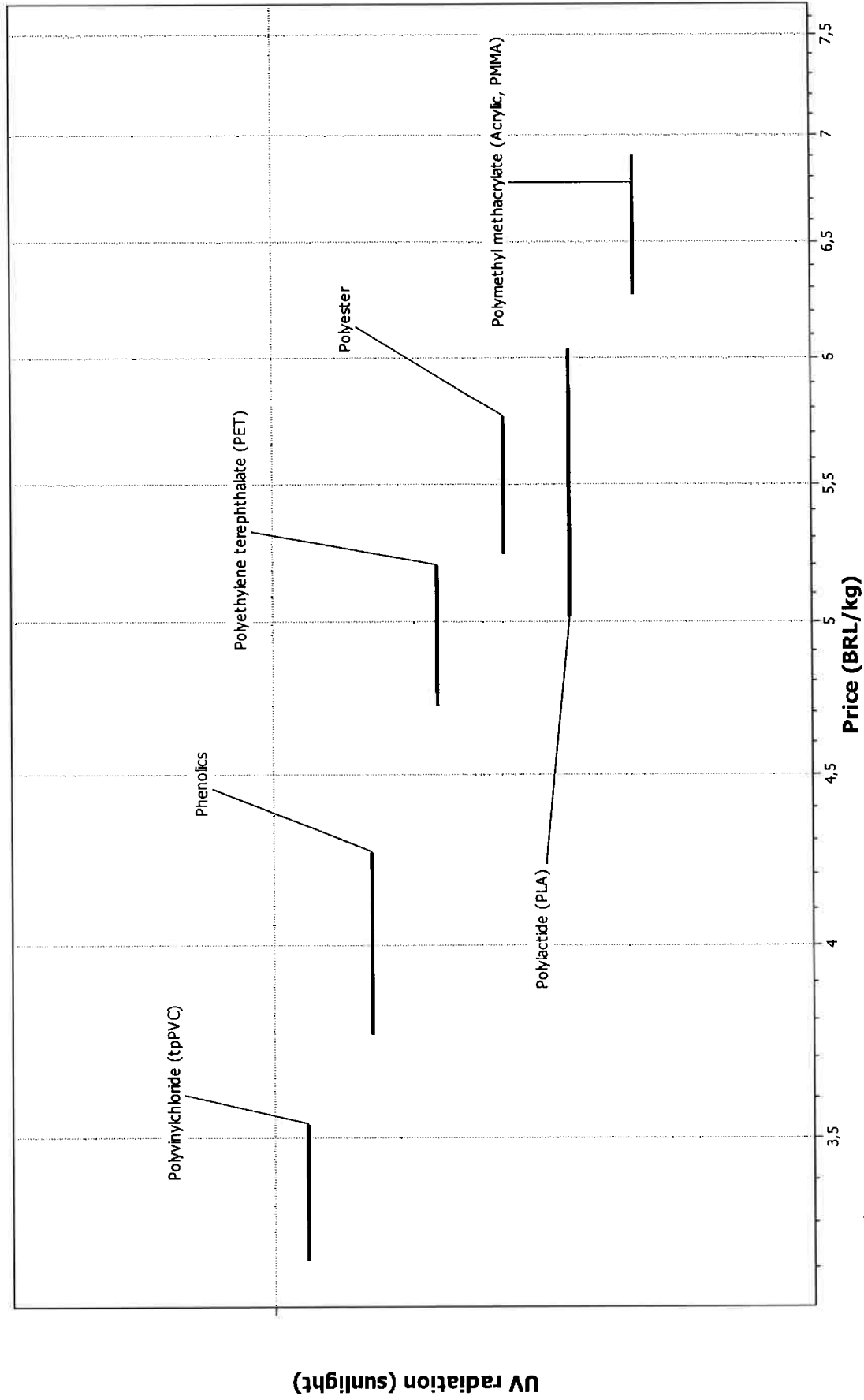


Figura 13 : Diagrama de Ashby de Radiação UV (luz solar) contra Preço. (Fonte: CES)

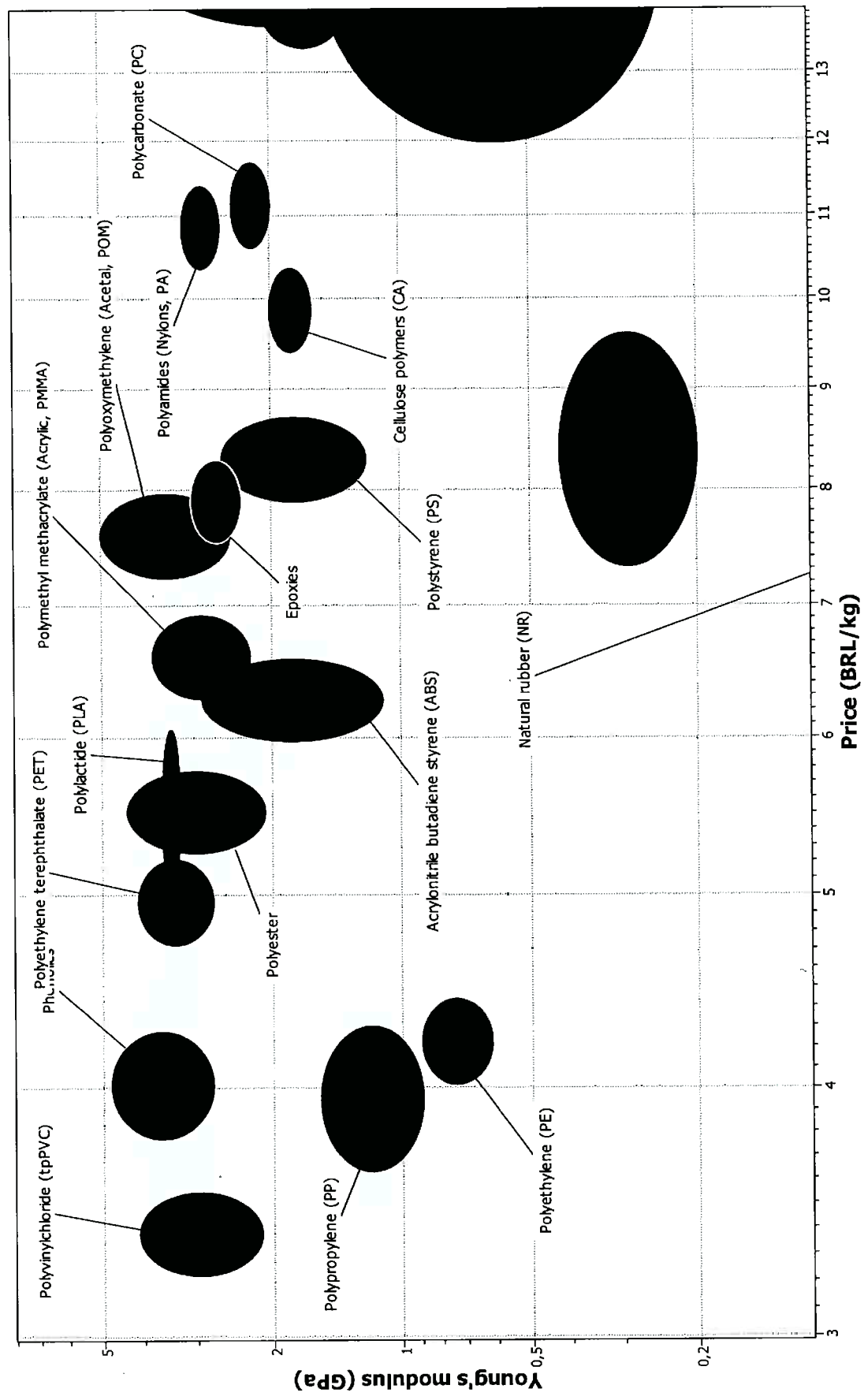


Figura 14 : Diagrama de Ashby de Módulo de Young contra Preço – Zoom no Bom para Radiação UV. (Fonte: CES)

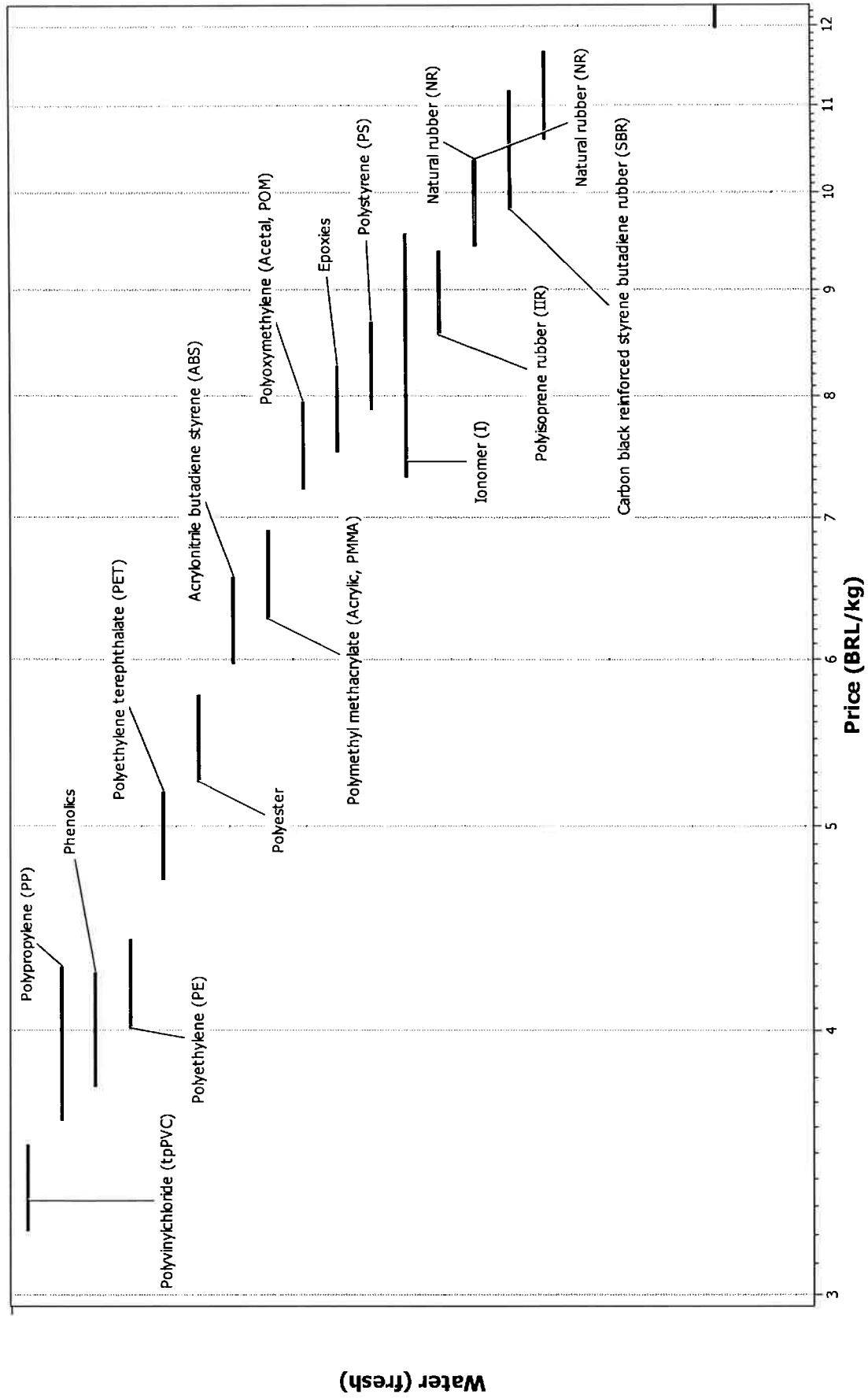


Figura 15 : Diagrama de Ashby de Resistência a Água/Umidade (Zoom nos Excelentes) contra Preço. (Fonte: CES)

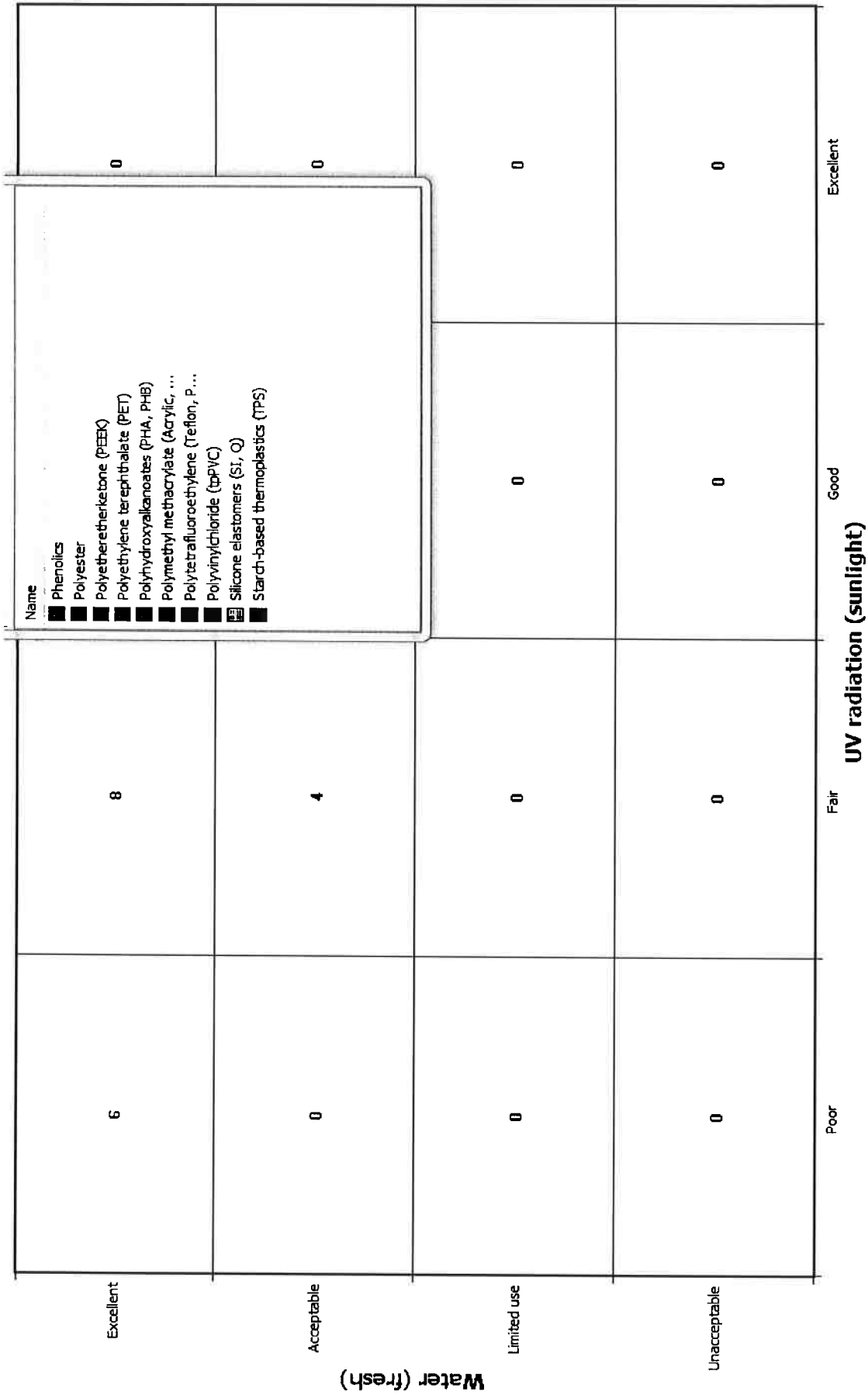
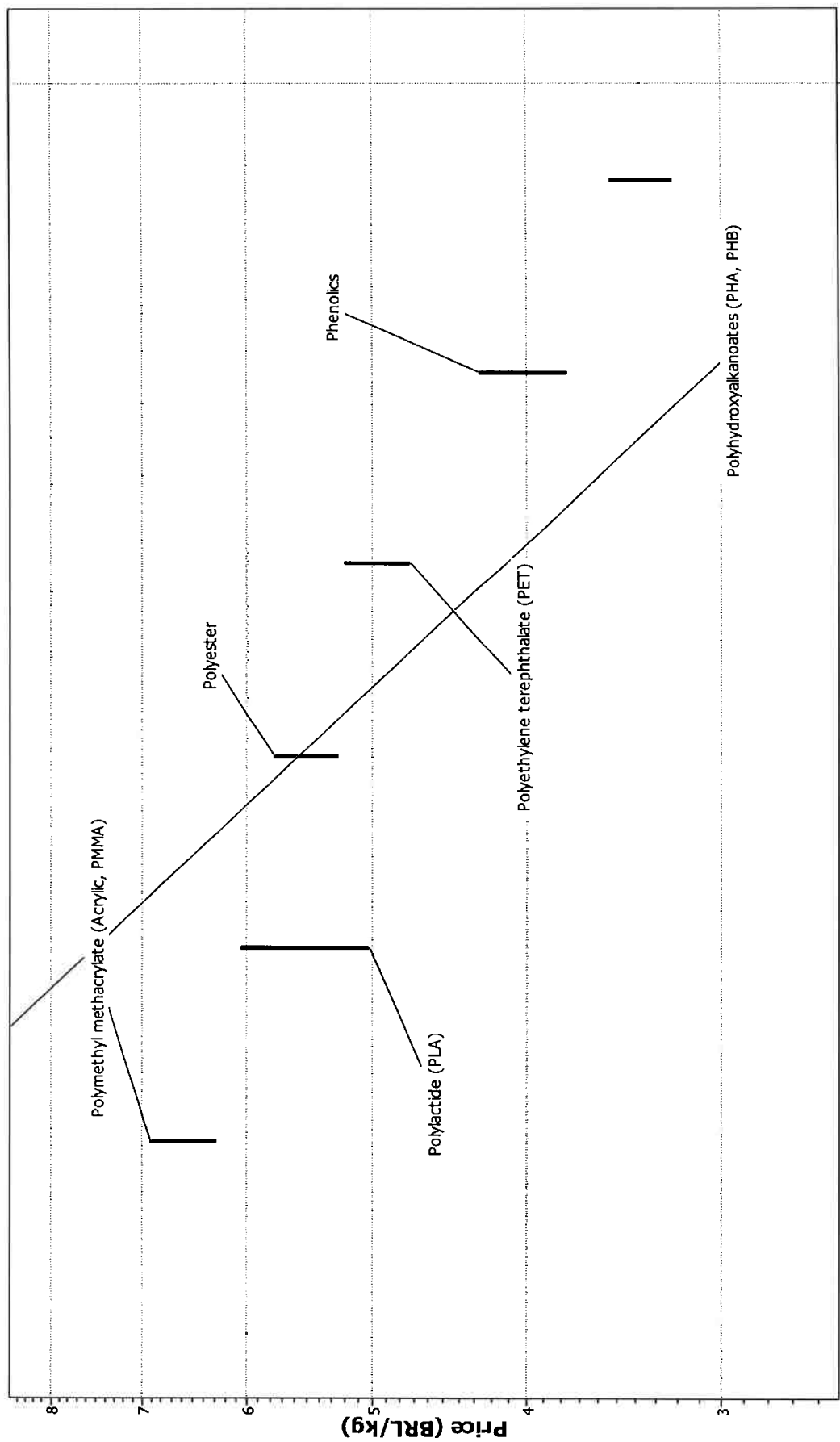


Figura 16 : Diagrama de Ashby de Resistência a Água/Umidade contra Radiação UV (luz solar). (Fonte: CES)



UV radiation (sunlight)

Figura 17 : Diagrama de Ashby de Preço contra Radiação UV (luz solar) – Zoom no Bom para Radiação UV. (Fonte: CES)

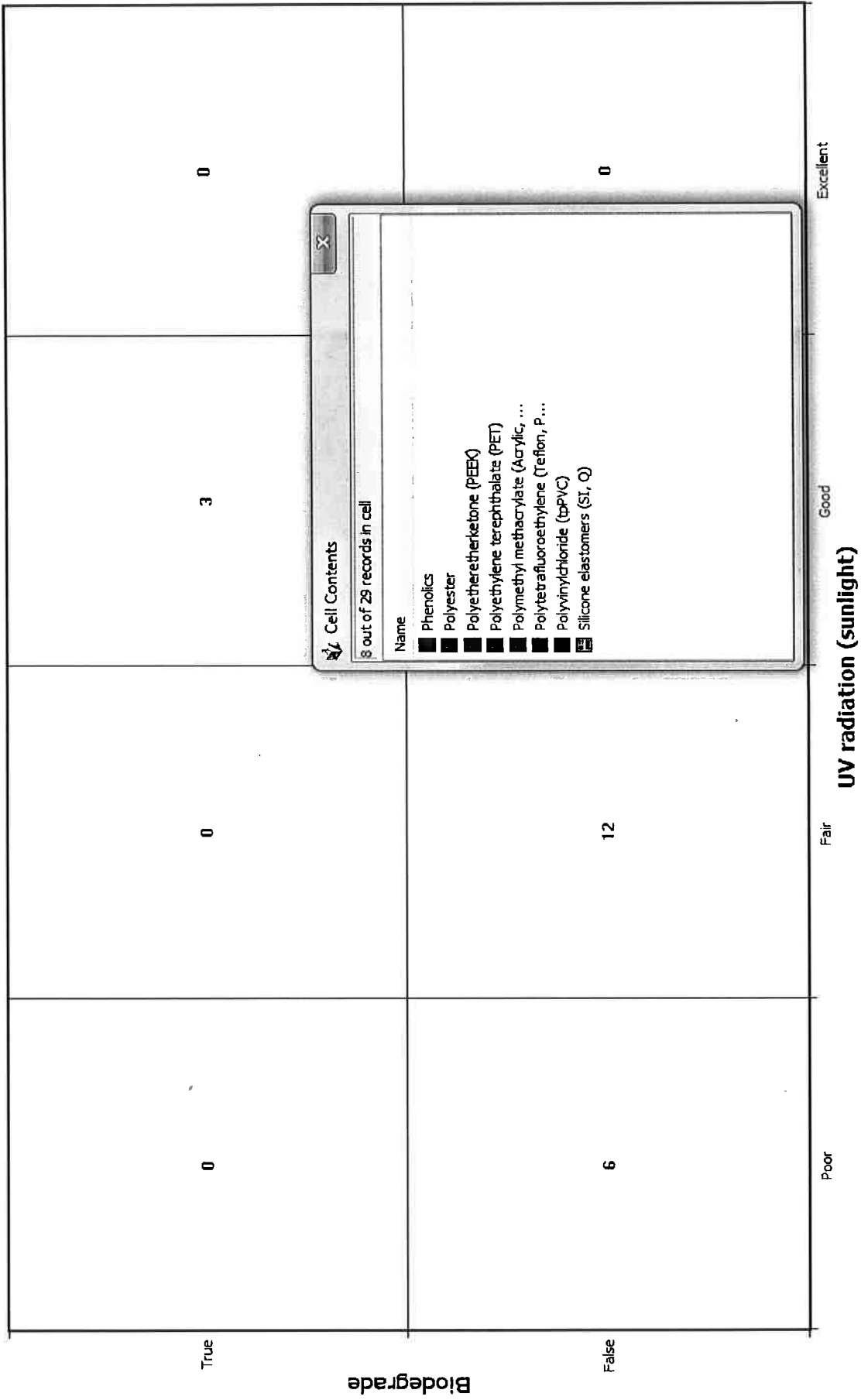


Figura 19 : Diagrama de Ashby de Biodegradação contra Radiação UV (luz solar). (Fonte: CES)

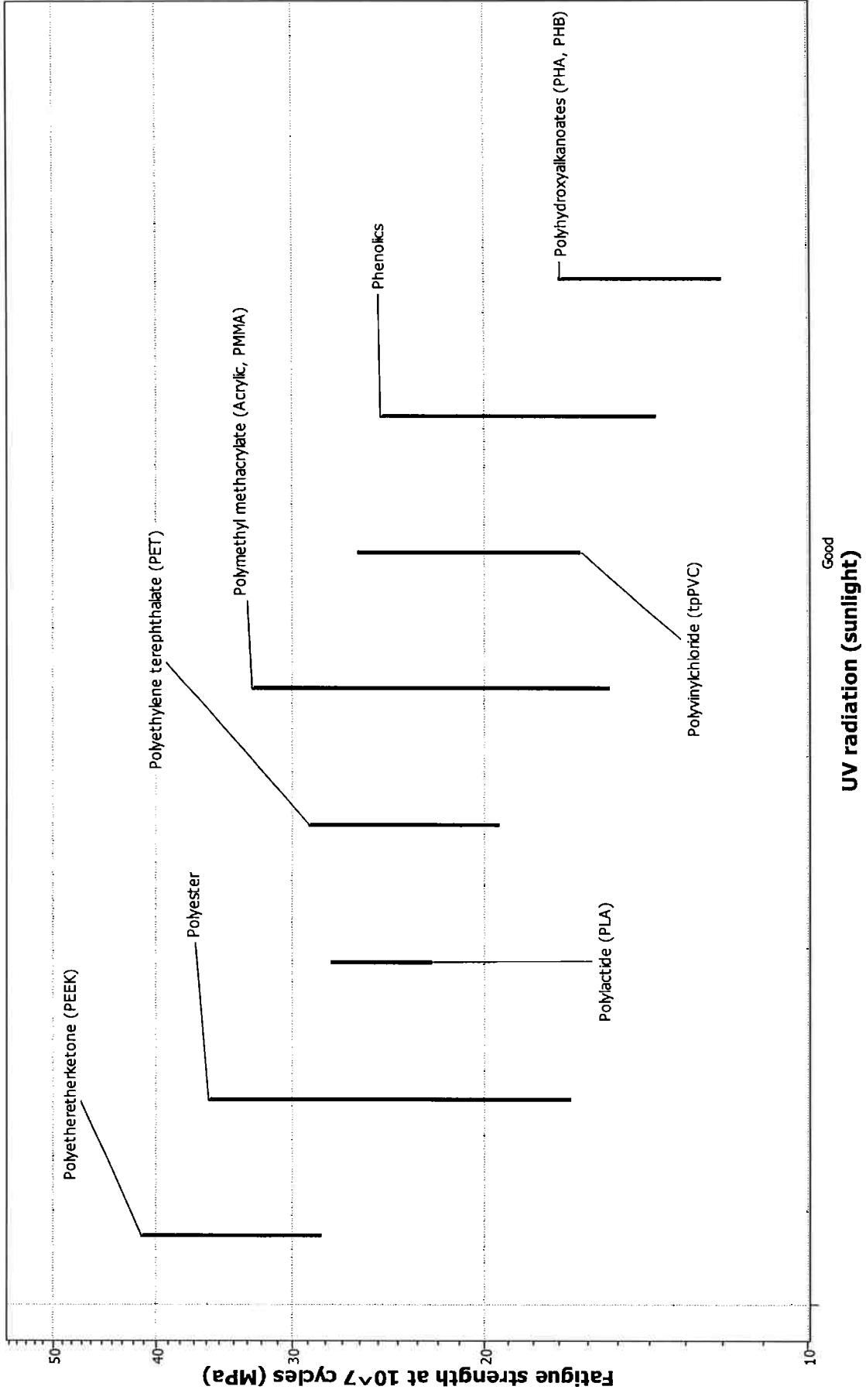


Figura 20 : Diagrama de Ashby de Resistência à fadiga com 10 ^ 7 ciclos contra Radiação UV (luz solar). (Fonte: CES)

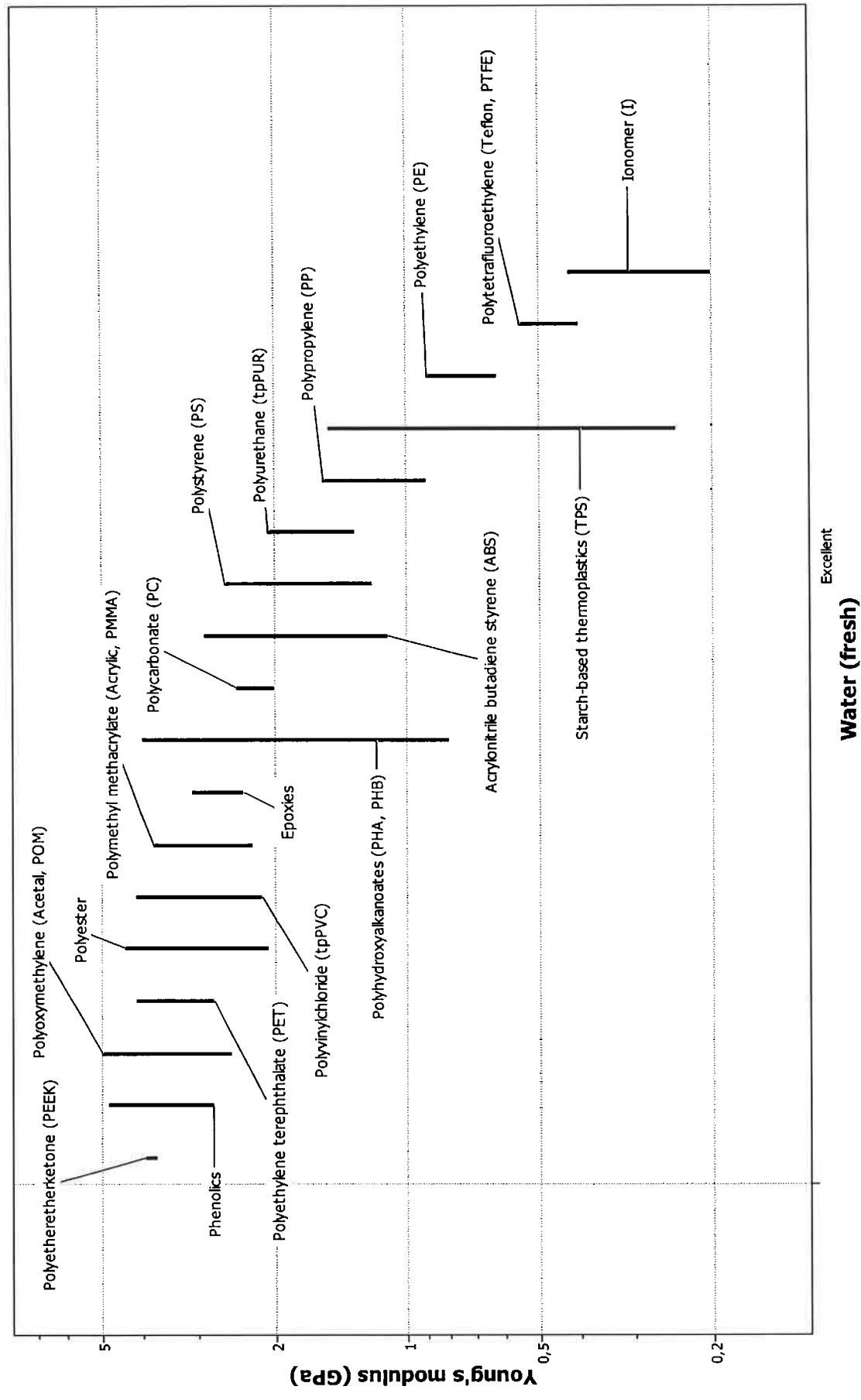


Figura 21 : Diagrama de Ashby de Módulo de Young contra Resistência a Água/Umidade. (Fonte: CES)

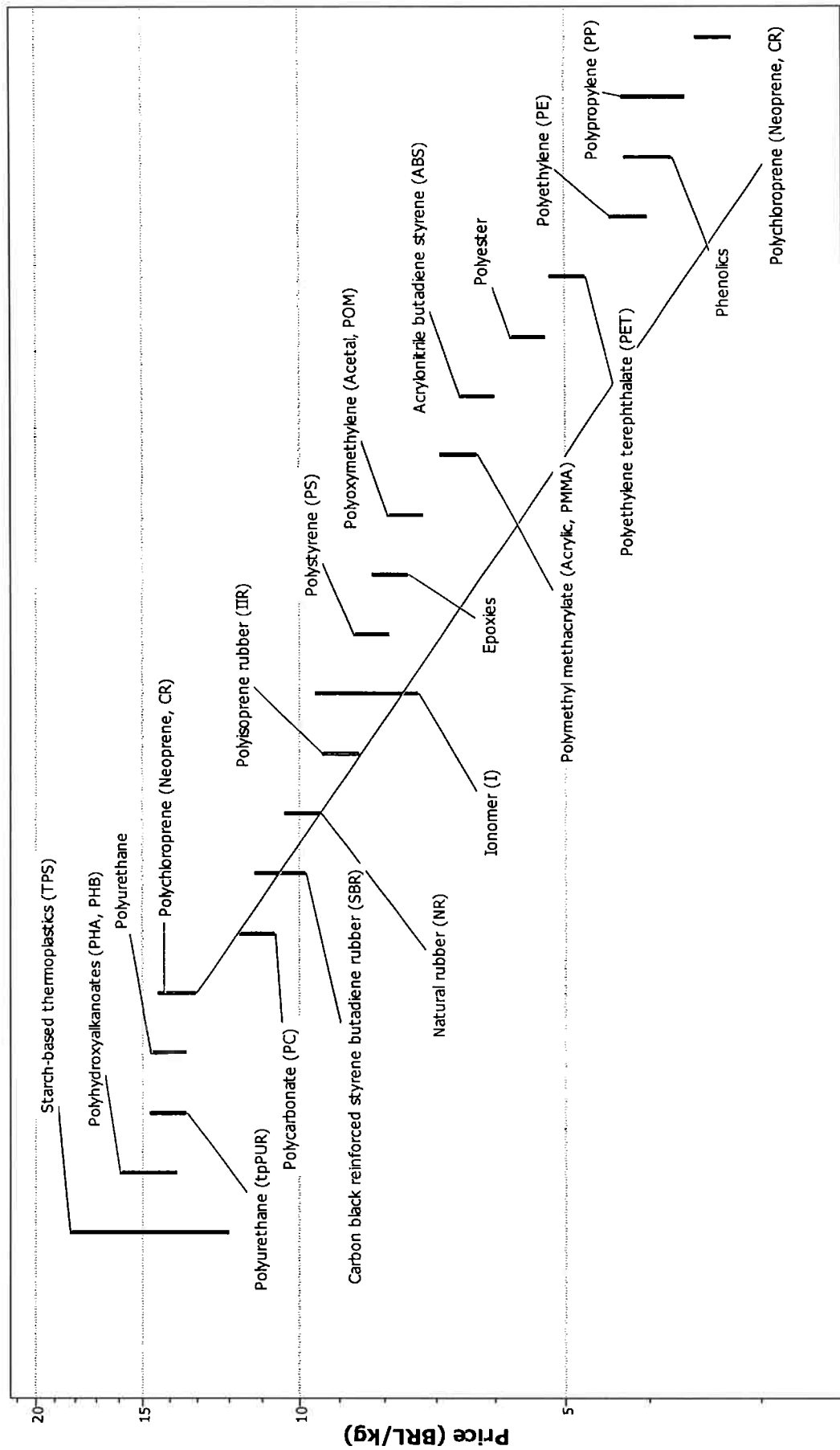


Figura 22 : Diagrama de Ashby de Preço contra Resistência a Água/Umidade. (Fonte: CES)

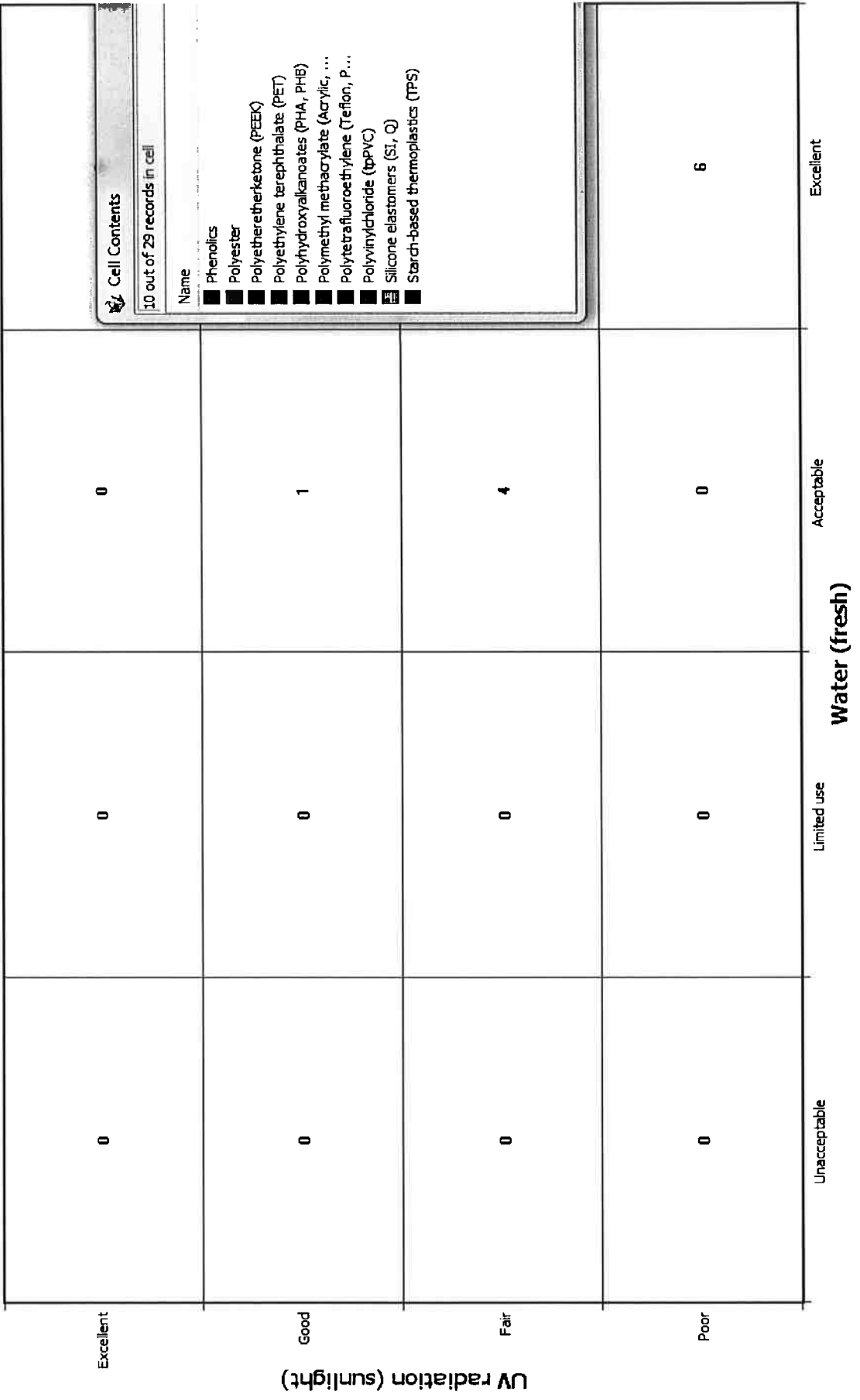


Figura 23 : Diagrama de Ashby de Radiação UV (luz solar) contra Resistência a Água/Umidade. (Fonte: CES)

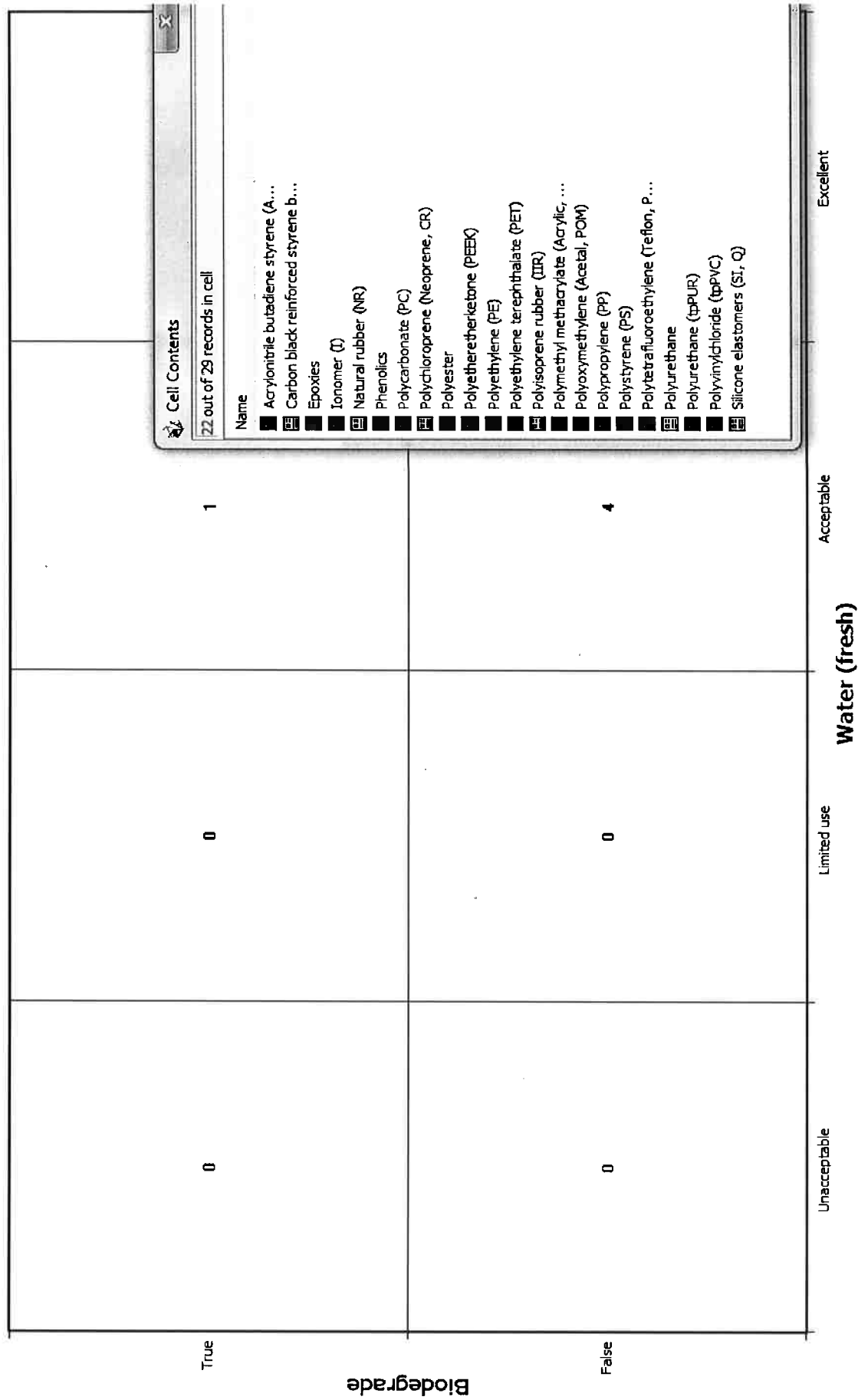


Figura 24 : Diagrama de Ashby de Biodegradação contra Resistência a Água/Umididade. (Fonte: CES)

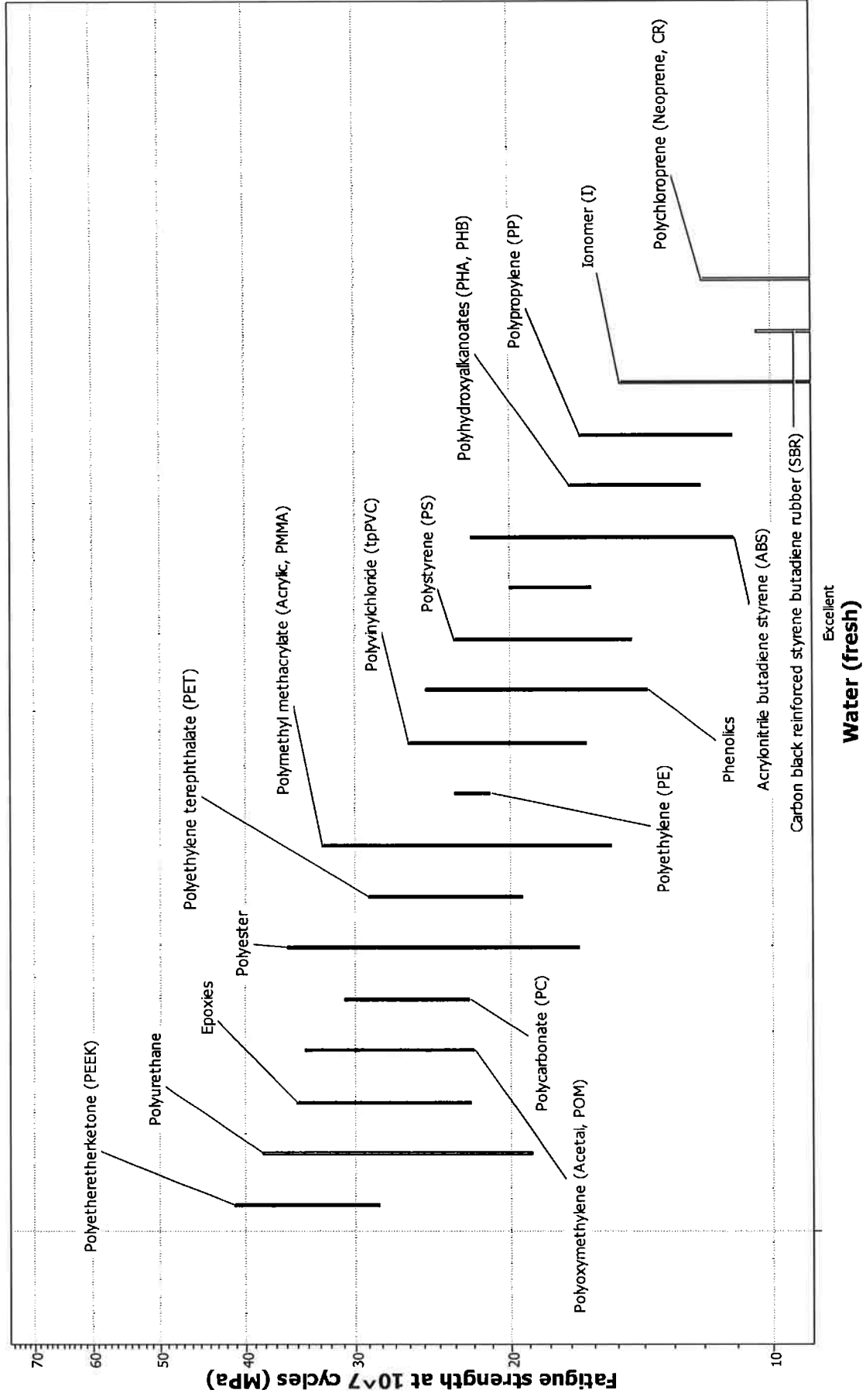


Figura 25 : Diagrama de Ashby de Resistência à fadiga com 10^7 ciclos contra Resistência a Água/Umidade. (Fonte: CES)

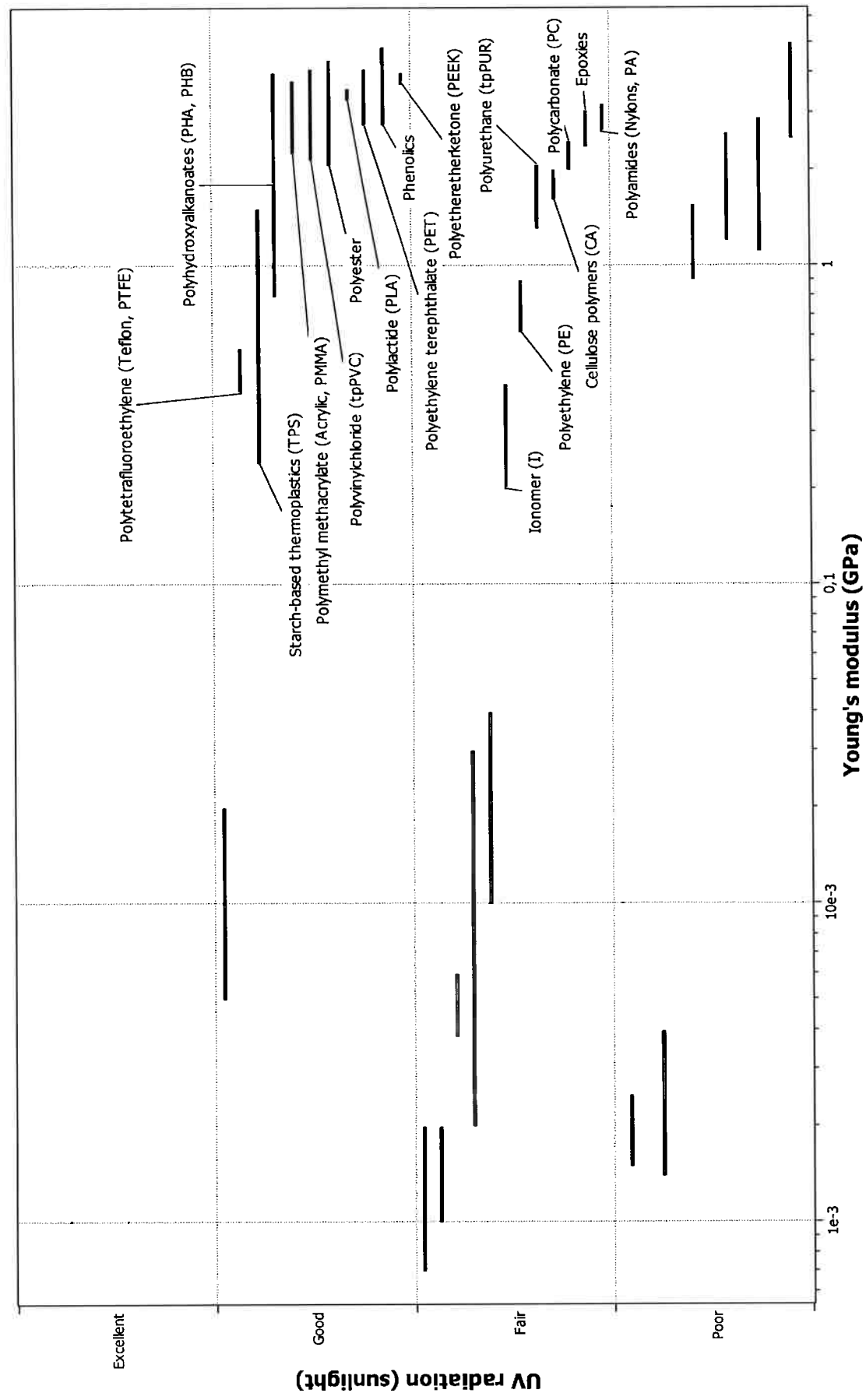


Figura 26 : Diagrama de Ashby de Radiação UV (luz solar) contra Módulo de Young. (Fonte: CES)

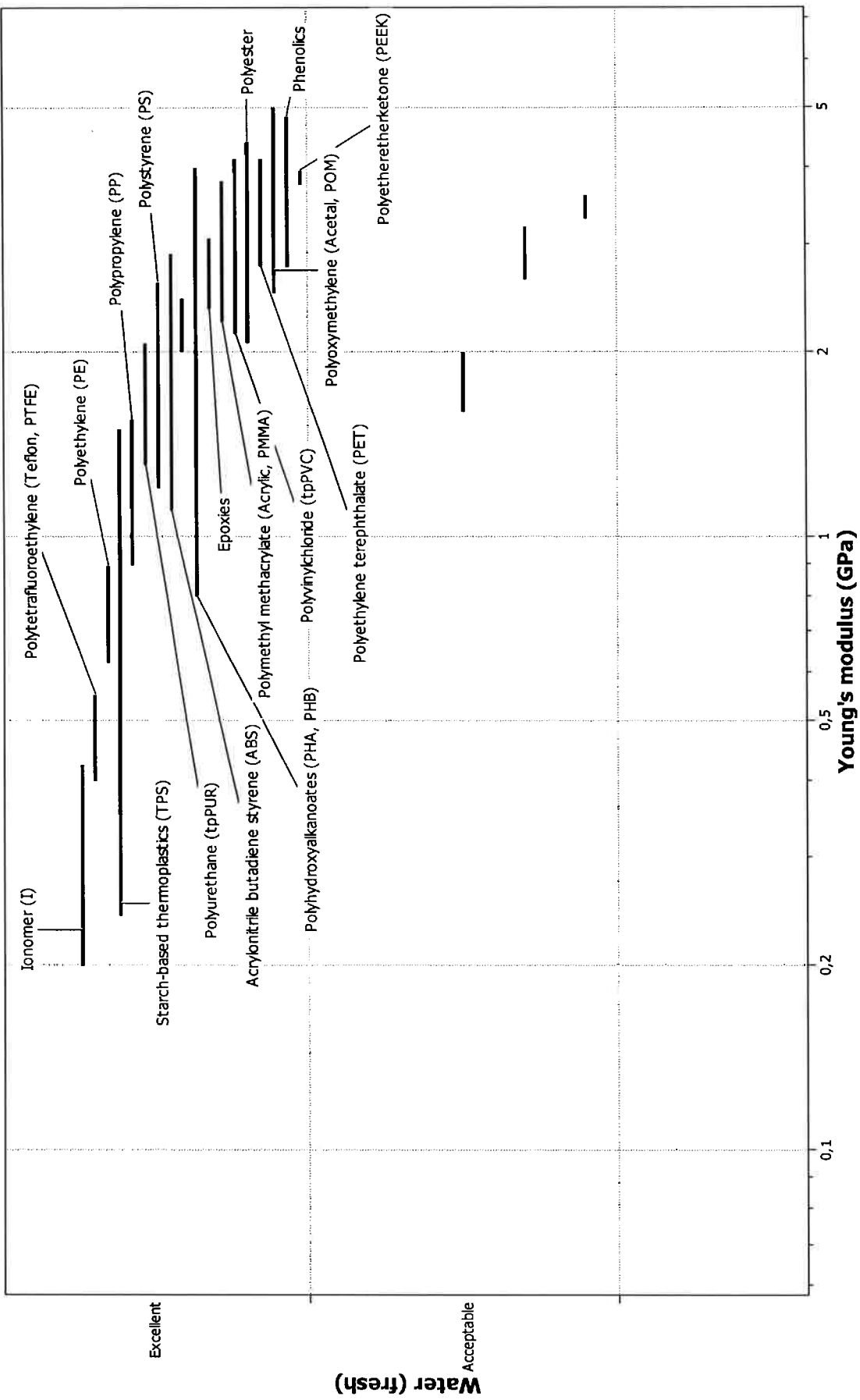


Figura 27 : Diagrama de Ashby de Resistência a Água/Umidade contra Módulo de Young. (Fonte: CES)

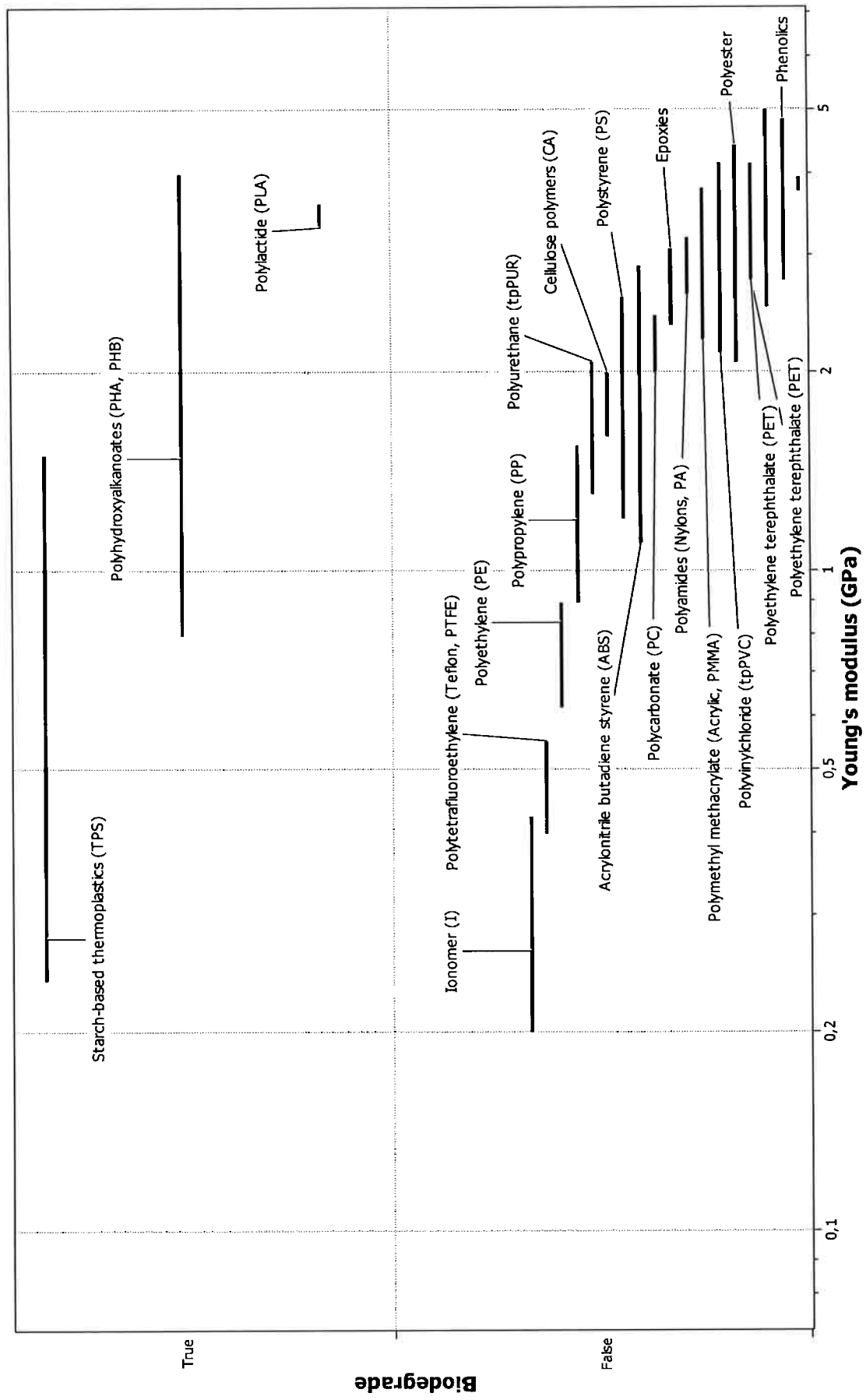


Figura 28 : Diagrama de Ashby de Biodegradação contra Módulo de Young. (Fonte: CES)

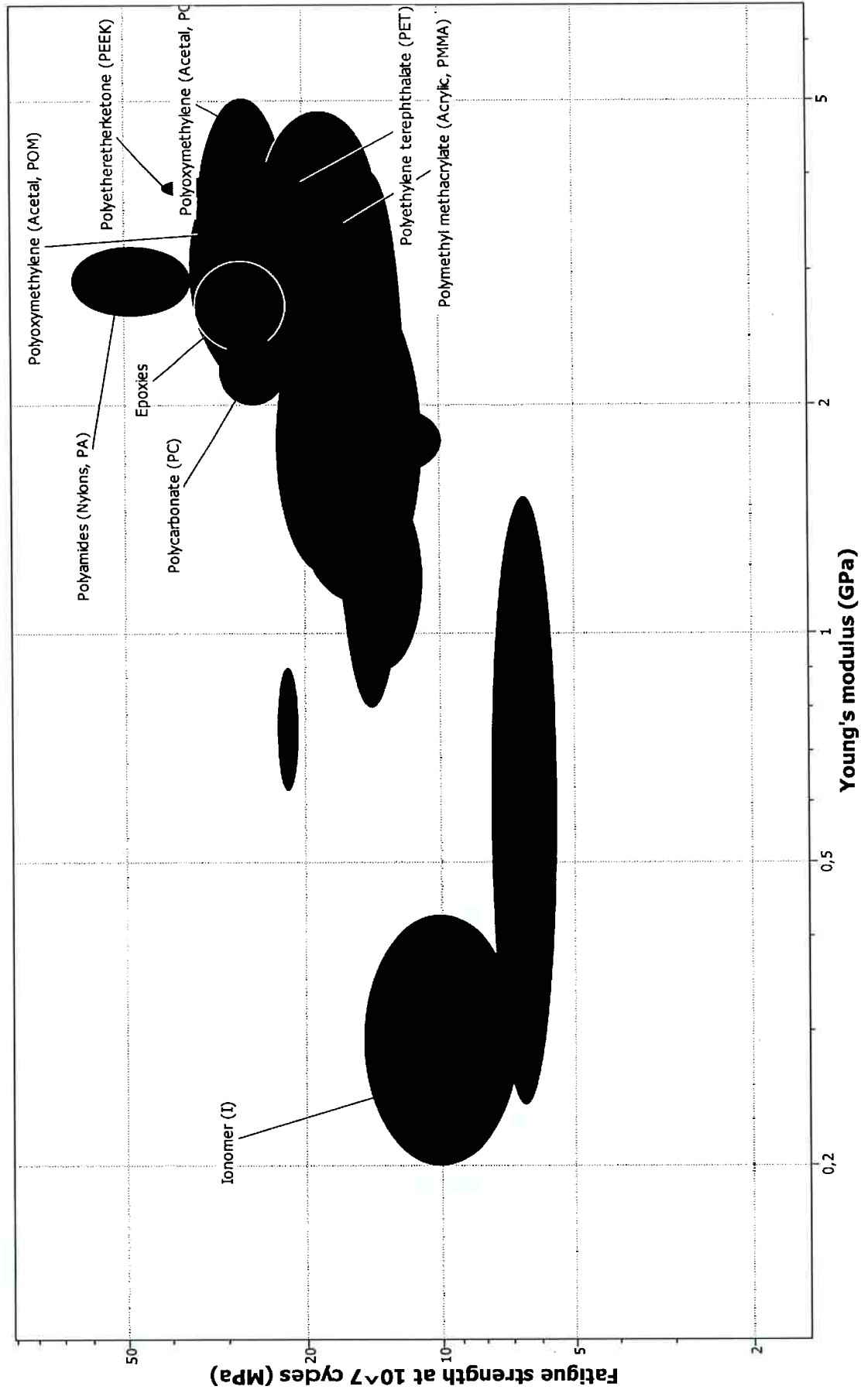


Figura 29 : Diagrama de Ashby de Resistência à fadiga com 10 ^ 7 ciclos contra Módulo de Young. (Fonte: CES)

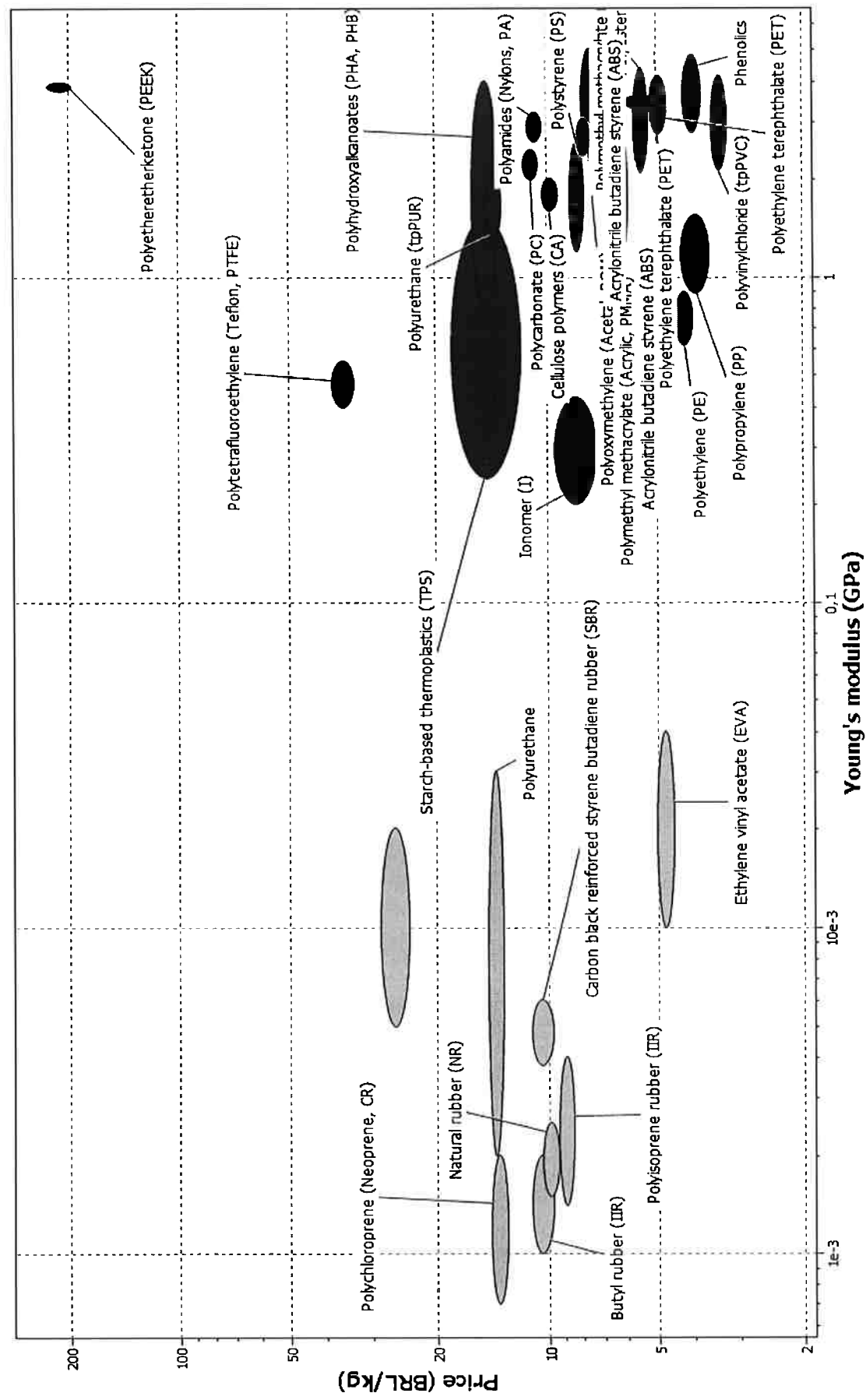


Figura 30 : Diagrama de Ashby de Preço contra Módulo de Young. (Fonte: CES)

ANEXO 2 – Matrizes dos Melhores Materiais

Water		UV Radiation		Biodegrade (Top 10)		Price		Young Modulus	
Fatigue Strength		Fatigue Strength		Fatigue Strength		Fatigue Strength		Fatigue Strength	
Carbon black reinforced styrene butadiene rubber (SBR)	Phenolics	Polyetheretherketone (PEEK)	Polyurethane	Polyetheretherketone (PEEK)	Polyurethane	Polyurethane (tpPUR)	Phenolics	Polyetheretherketone (PEEK)	Phenolics
	Epoxies								
	Natural rubber (NR)								
	Phenolics								
	Polycarbonate (PC)								
Polychloroprene (Neoprene, CR)	Polyester	Polyvinylchloride (tpPVC)	Polyester	Polyester	Polyester	Carbon black reinforced styrene butadiene rubber (SBR)	Polypropylene (PP)	Polyester	Polyvinylchloride (tpPVC)
	Polyetheretherketone (PEEK)								
	PET								
	Polyurethane								
	Polyester								
Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA)	Polyurethane	Polyethylene (PE)	Polyethylene (PE)	Polyethylene (PE)	Polyethylene (PE)	Cellulose polymers (CA)	Polyisoprene Rubber (IR)	Polyester	Polyethylene (PE)
	Polypropylene (PP)								
	Polyethylene (PE)								
	Polyester								
	Polyurethane								

Tabela 1 – Melhores materiais no cruzamento com Biodegradação.

Water		UV Radiation		Biodegrade		Price		Young Modulus	
Fatigue Strength (Top 10)		Fatigue Strength (Top 10)		Fatigue Strength (Top 10)		Fatigue Strength (Top 10)		Fatigue Strength (Top 10)	
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	Polyurethane (tpPUR)	Polyetheretherketone (PEEK)	Polyurethane	Polyurethane	Polyurethane	Polyvinylchloride (tpPVC)	Phenolics	Polyetheretherketone (PEEK)	Phenolics
	Polyethylene (PE)								
	Polyester								
	Polyurethane								
	Polyester								
Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA)	Polyurethane	Polyethylene (PE)	Polyethylene (PE)	Polyethylene (PE)	Polyethylene (PE)	Cellulose polymers (CA)	Polyisoprene Rubber (IR)	Polyester	Polyethylene (PE)
	Polypropylene (PP)								
	Polyethylene (PE)								
	Polyester								
	Polyurethane								

Tabela 2 – Melhores materiais no cruzamento com Resistência à fadiga com 10 ^ 7 ciclos.

Water		UV Radiation		Biodegrade		Price		Young Modulus	
Fatigue Strength (Top 10)		Fatigue Strength (Top 10)		Fatigue Strength (Top 10)		Fatigue Strength (Top 10)		Fatigue Strength (Top 10)	
Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA)	Polyurethane (tpPUR)	Polyetheretherketone (PEEK)	Polyurethane	Polyurethane	Polyurethane	Polyvinylchloride (tpPVC)	Phenolics	Polyetheretherketone (PEEK)	Phenolics
	Polyethylene (PE)								
	Polyester								
	Polyurethane								
	Polyester								
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	Polyurethane	Polyethylene (PE)	Polyethylene (PE)	Polyethylene (PE)	Polyethylene (PE)	Cellulose polymers (CA)	Polyisoprene Rubber (IR)	Polyester	Polyethylene (PE)
	Polypropylene (PP)								
	Polyethylene (PE)								
	Polyester								
	Polyurethane								

Tabela 3 – Melhores materiais no cruzamento com Preço.

UV Radiation (Top 10)				Young Modulus	
Water	Price	Fatigue Strength	Biodegrade	Starch-based thermoplastics (TPS)	
Phenolics PET Polyetheretherketone (PEEK) Polyester Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polyhydroxyalkanoates (PHA, PHB) Polytetrafluoroethylene (teflon) Polyvinylchloride (tpPVC) Polyvinylchloride (tpPVC) Silicone Elastomers (SIQ) Starch-based thermoplastics (TPS)	Polyvinylchloride (tpPVC) Phenolics PET Polyester Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA)	Polyetheretherketone (PEEK) Polyurethane (tpPUR) Polylactide (PLA) PET Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polyvinylchloride (tpPVC) Phenolics Polyhydroxyalkanoates (PHA, PHB)	Phenolics Polyester Polyetheretherketone (PEEK) PET Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polytetrafluoroethylene (teflon) Polyvinylchloride (tpPVC) Silicone Elastomers (SIQ)	Starch-based thermoplastics (TPS) PET Polyester Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polyhydroxyalkanoates (PHA, PHB) Polyvinylchloride (tpPVC) Polylactide (PLA) Phenolics Polyetheretherketone (PEEK)	

Tabela 4 – Melhores materiais no cruzamento com Radiação UV (luz solar).

Water (Top 10)				Young Modulus	
UV Radiation	Price	Fatigue Strength	Biodegrade	Polyetheretherketone (PEEK)	
Phenolics PET Polyetheretherketone (PEEK) Polyester Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polyhydroxyalkanoates (PHA, PHB) Polytetrafluoroethylene (teflon) Polyvinylchloride (tpPVC) Polyvinylchloride (tpPVC) Silicone Elastomers (SIQ) Starch-based thermoplastics (TPS)	Polyvinylchloride (tpPVC) Polypropylene (PP) Phenolics Polyethylene (PE) PET Polyester Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polyoxymethylene (Acetal, POM) Epoxies	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) Polyurethane (tpPUR) Polystyrene (PS) Phenolics Polyvinylchloride (tpPVC) Polyethylene (PE) Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) PET Polyester Polycarbonate (PC)	Carbon black reinforced styrene butadiene rubber (SBR) Epoxies Natural rubber (NR) Phenolics Polycarbonate (PC) Polychloroprene (Neoprene, CR) Polyester Polyetheretherketone (PEEK) PET Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polyurethane Polypropylene (PP) Polystyrene (PS)	Phenolics Polyoxymethylene (Acetal, POM) PET Polyester Polyvinylchloride (tpPVC) Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polycarbonate (PC) Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) Polystyrene (PS)	

Tabela 5 – Melhores materiais no cruzamento com Resistência a Água/Umidade.

Young Modulus (Top 10)				Water	
UV Radiation	Price	Fatigue Strength	Biodegrade	Polyetheretherketone (PEEK)	
Starch-based thermoplastics (TPS) PET Polyester Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polyhydroxyalkanoates (PHA, PHB) Polyvinylchloride (tpPVC) Polylactide (PLA) Phenolics Polyetheretherketone (PEEK)	Polyvinylchloride (tpPVC) Phenolics Polypropylene (PP) Polyethylene (PE) Polylactide (PLA) Polyester Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Epoxies	Polyamides (Nylons, PA) Polyetheretherketone (PEEK) Polyoxymethylene (Acetal, POM) Polyester Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Epoxies Polycarbonate (PC) Polystyrene (PS) Polyvinylchloride (tpPVC)	Polyetheretherketone (PEEK) Phenolics Polyoxymethylene (Acetal, POM) PET Polyester Polyvinylchloride (tpPVC) Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polyamides (Nylons, PA) Epoxies Polycarbonate (PC) Polyurethane Polypropylene (PP) Polystyrene (PS)	Polyetheretherketone (PEEK) Phenolics Polyoxymethylene (Acetal, POM) PET Polyester Polyvinylchloride (tpPVC) Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA) Polycarbonate (PC) Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) Polystyrene (PS)	

Tabela 6 – Melhores materiais no cruzamento com Módulo de Young.

ANEXO 3 – Matriz de Decisão

	Biodegrade	Fatigue Strenght	Price	UV Radiation	Water	Young Modulus
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	0	1	2	0	3	2
Butyl rubber (IIR)	1	0	1	0	0	0
Carbon black reinforced styrene butadiene rubber (SBR)	2	0	1	0	1	0
Cellulose polymers (CA)	1	0	1	0	0	0
Epoxies	3	3	3	0	2	3
Natural rubber (NR)	2	0	1	0	1	0
PET	4	5	4	5	5	5
Phenolics	3	3	4	5	5	4
Polyamides (Nylons, PA)	3	3	2	0	0	2
Polycarbonate (PC)	4	3	1	0	3	3
Polychloroprene (Neoprene, CR)	2	0	1	0	1	0
Polyester	4	5	4	5	5	5
Polyetheretherketone (PEEK)	4	3	0	4	3	4
Polyethylene (PE)	1	3	3	0	2	1
Polyhydroxyalkanoates (PHA,PHB)	0	1	0	3	1	1
Polyisoprene Rubber (IIR)	1	0	1	0	0	0
Poly lactide (PLA)	0	2	2	2	0	2
Polymethyl methacrylate (Acrylic, PMMA)	4	5	4	5	5	5
Polyoxymethylene (Acetal, POM)	2	3	2	0	2	3
Polypropylene (PP)	1	0	2	0	2	2
Polystyrene (PS)	1	2	0	0	3	3
Polytetrafluoroethylene (teflon)	1	0	0	2	1	0
Polyurethane	3	1	1	0	1	1
Polyurethane (tpPUR)	1	1	1	0	1	0
Polyvinylchloride (tpPVC)	2	4	4	5	4	5
Silicone Elastomers (SI,Q)	1	0	0	2	1	0
Starch-based thermoplastics (TPS)	0	0	0	2	1	1

Total	51	48	45	40	53	52
Teoria	51	48	45	40	53	52
Máximo de Aparições	4	5	4	5	5	5

	Melhor
	2º Melhor

Tabela 1 – Número de aparições de cada material nas matrizes dos melhores materiais.