

Metro do Porto: O Crescimento e a Instalação das Árvores no Espaço Urbano

***Laura R. Costa, **Luís P. Ribeiro, ***Teresa Andresen**

Sumário. A arborização, pelo conjunto de funções que desempenha, assume cada vez maior significado na valorização ambiental e estética dos espaços urbanos, estando simultaneamente sujeita às limitações que estes espaços implicam no seu crescimento. Tendo por objetivo estudar a capacidade de instalação e de desenvolvimento das árvores jovens no espaço urbano, avaliaram-se 2297 indivíduos de 29 espécies/forma/cultivar/híbrido ao longo de 9 anos plantados nos espaços verdes do Metro do Porto. A área geográfica selecionada para esta monitorização foi a zona norte da Área Metropolitana do Porto, devido à maior diversidade de variáveis (poluição proveniente de diferente tipos de emissores, espaços com carácter urbanizado e carácter rural/florestal, diversidade de infraestruturas, espaços verdes recentemente plantados e monitorizados, etc.). Na avaliação do crescimento e desenvolvimento das árvores, ponderaram-se fatores bióticos (doenças e pragas), abióticos (poluição atmosférica, compactação do solo, condições hídricas, radiação solar), e as ações mecânicas desenvolvidas pelo homem, deliberada ou ocasionalmente (podas, condução da copa, feridas em troncos, feridas no colo e vandalismo). Por fim, determinaram-se os indicadores da Capacidade de Crescimento e de Implementação para as árvores baseados em crescimentos, mortalidade e vigor, que se consideram simultaneamente indicadores do impacte positivo e potencial que a plantação de árvores assume como componente em projetos de valorização urbana.

Palavras-chave: Arborização, Indicadores, Mortalidade, Vigor

* Professora Auxiliar Convidada

Departamento de Ciências Florestais e Arquitetura Paisagista. UTAD.

** Professor Auxiliar

Instituto Superior de Agronomia. UTL.

***Professora Catedrática

Faculdade de Ciências. Universidade do Porto. CIBIO.

1º Autor E-mail: lauracosta@utad.pt

Oporto Metro: Growth and Installation of the Trees in Urban Space

Abstract. The urban forest, by the set of roles it plays, has a growing importance in the environmental and aesthetic appreciation of urban spaces. At the same time, however, is simultaneously subject to the limitations that these spaces imply in their growth.

Intending to evaluate the capacity of installation and development of young trees in the urban space, 2297 individuals were studied from 29 specie/form/cultivar/hybrid planted in green corridors of Porto's Metro surface for a period of 9 years of mensuration.

The study took place in the North of Porto Metropolitan Area because it was considered an area with a greater variety of conditions (pollution of different types of issuers, urbanized areas and rural/forest areas, infrastructure, green spaces most recently planted and monitored, etc).

In the evaluation of the growth and development, were considered biotic factors (diseases and pests), abiotic factors (air pollution, soil compaction, water, solar radiation conditions), and the mechanical actions developed by man, deliberate or occasionally (pruning, canopy management, root collar injuries and trunk injuries and vandalism).

Finally, indicators of capacity for growth and implementation of trees were obtained based on its growth and diameters, mortality rates and vigor that are considered themselves, simultaneously, positive and potential indicators of tree planting as a component in urban development projects.

Keywords: Tree planting, Indicators, Rate of mortality, Vigor

1 - Introdução

Atualmente 50% da população mundial reside em espaços urbanos, pelo que compreender a evolução ecológica da floresta urbana permite obter diretrizes sobre as dinâmicas sócio-ecológicas e as influências destes elementos nos ecossistemas (LAWRENCE *et al.*, 2012) nos espaços urbanos.

O crescimento dos espaços urbanos e das atividades que aí se desenvolvem promovem um conjunto vasto de alterações a diferentes níveis tais como: definição de um micro-clima específico, redução da biodiversidade, redução de zonas permeáveis e de espaços relacionados com a natureza, aumento da poluição, resíduos e consumo dos recursos naturais (ex: contaminação e redução de recurso solo, contaminação e redução de recursos hídricos) (COSTA, 2007) aspetos que vão naturalmente levar a alterações no comportamento do material arbóreo.

A plantação de árvores jovens nos espaços urbanos constitui uma componente fundamental na valorização da paisagem urbana, a qual não é correspondida por trabalhos de investigação dispondo-se de escassos indicadores de sucesso pelo que este artigo apresenta uma proposta de Indicadores da Capacidade de Crescimento e Implementação das Árvores. Para se chegar a estes indicadores ter-se-ão que considerar os crescimentos, a mortalidade e o vigor das árvores nos primeiros anos após a plantação e o consequente monitoramento ao longo da vida destas árvores.

Segundo BRADSHAW e WALMSLEY (1995), aproximadamente 10% das árvores morrem no seu primeiro ano de plantação havendo, no entanto, indicadores de que a taxa de mortalidade pode também ser elevada no segundo ano após a plantação, tendo picos de mortalidade na primavera e no outono. Segundo a mesma fonte, poderá ainda ocorrer um pico de mortalidade no terceiro outono que se deve essencialmente aos efeitos da seca do verão. Dados obtidos em vários estudos realizados na Europa e nos Estados Unidos (NOWAK *et al.*, 1990; CASTELBRANCO e REGO, 1998; LAKOVOGLOU *et al.*, 2002; PAULEIT *et al.*, 2002; BOND, 2005) para árvores em espaço urbano as principais causas da mortalidade das árvores de arruamento relacionam-se com as condições do espaço e as intrínsecas à própria árvore, destacando-se como principais fatores: dimensão da área metropolitana/urbana, deficit hídrico, deficiência em nutrientes, vandalismo, compactação do solo, lesões por ação mecânica, condições da árvore, tamanho, idade, uso do solo, estrato socio-económico, participação da comunidade e a manutenção. LAWRENCE *et al.*, (2012), NOWAK *et al.*, (1990) e GILBERTSON e BRADSHAW, (1985) citados por NOWAK *et al.*, (1990), verificaram que no Norte

de Inglaterra a mortalidade em árvores recém-plantadas foi geralmente maior em áreas metropolitanas de grande dimensão do que em pequenas cidades, tendo-se atribuído as prováveis diferenças de valores às características específicas do local em que se inserem, vandalismo e práticas e técnicas de plantação e manutenção. Também determinaram como causas mais frequentes de mortalidade das árvores recém-plantadas o *stress* hídrico e a escassez de nutrientes (56%), seguido por vandalismo (18%), enforcamento por cintas ou atilhos (12%), compactação do solo (9%) e técnicas impróprias de tutoramento e fixação (5%).

No que diz respeito à relação possível de estabelecer entre as características dendométricas da árvore quando da plantação e sua mortalidade, NOWAK *et al.*, (2004) através de estudos que efetuou em Syracuse, Nova Iorque, apurou que árvores com diâmetros à altura do peito (dap) medidos a 1,30m do solo superiores a 77 centímetros têm taxas significativamente altas de mortalidade (5,4% média anual de taxa de mortalidade). As mesmas fontes referem ainda, com base em estudos realizados em Baltimore entre 1999 e 2001, que árvores pequenas em arruamento (0-7,6cm dap) tinham uma elevada taxa de mortalidade anual (9%) que as árvores com 7,7-15,2cm de dap apresentavam uma taxa de mortalidade anual de 6,4%, para árvores com 15,3-30,5cm de dap a taxa de mortalidade era de 4,3% e, finalmente, para árvores com 30,6-45,7cm de dap a taxa anual de mortalidade era de 0,5%, verificando-se que as taxas de mortalidade anuais voltavam a aumentar a partir de dap com 45,8cm mantendo-se os valores entre 3 e 4%.

Ainda sobre a mortalidade anual em árvores jovens de arruamento num período superior a 10 anos apresentam-se os dados obtidos em Boston (NOWAK *et al.*, 2004) sendo em média de 9% (valor médio) com intervalos muito variáveis de 3% a mais de 38% dependendo dos empreiteiros que executaram as empreitadas. Em Oakland, estudos semelhantes apresentaram uma taxa de mortalidade média anual para árvores recentemente plantadas de 19% durante um período de dois anos e, em Baltimore, Marylan, a taxa anual de mortalidade foi de 6,6% para árvores jovens e num período de 2 anos (1999-2001) No que diz respeito a estudos realizados na Europa e inseridos no programa COST Action E12 (União Europeia) sobre "*Tree establishment practice in towns and cities*" que envolveu 17 países e 100 cidades (1999 - 2001) relativamente à mortalidade concluiu-se que, na Dinamarca, nos 10 primeiros anos a taxa de substituição das árvores recém plantadas durante a fase de instalação era de 22% para os arruamentos e de 8% para os Parques. Dados da Finlândia da fase de estabelecimento nos primeiros 2 anos eram de 10% para os arruamentos e de 7% de para os parques. Em todos os países a taxa de reposição de árvores é maior em ruas do que em parques (PAULEIT, 2002).

Em Portugal, o trabalho de transplante de árvores no Parque Botânico Arbutus do Demo em Vila Nova de Paiva, em Abril de 2004, realizou medições entre Julho e Agosto para avaliação do primeiro semestre após os transplantes. Com este trabalho verificou-se uma taxa média de mortalidade das árvores de 28,3%. As árvores apresentavam alturas muito variáveis desde 21,30m até apenas 1,00m e inferior, e pap também muito variáveis sendo o maior 46 cm e o menor, 1cm. Os autores atribuem como principais fatores responsáveis por esta mortalidade o *stress* provocado pela falta de água, o tipo de solo e as condições de plantação (tempo excessivo entre o momento do arranque e o da plantação), feridas no tronco, má fixação a árvore levando à queda sua árvore pelos ventos e as geadas tardias (SANTOS *et al.*, 2005).

Um outro estudo realizado em Portugal também relevante para o presente caso por ter recorrido a um elevado número de plantas jovens decorreu no âmbito das plantações experimentais da Expo 98 (Lisboa) e incidiu em 1013 árvores e 182 espécies. Teve por objetivo testar a evolução da sobrevivência das árvores e a sua resistência ao transplante. As árvores foram plantadas em 1995 tendo-se procedido a dois períodos de avaliação (quando da plantação entre Abril de 1995 e Maio de 1996 e de Abril de 1995 a Fevereiro de 1998). Face aos valores médios obtidos para as avaliações verificou-se que as árvores com melhor capacidade de adaptação ao local eram: *Aesculus hippocastanum*, *Betula celtiberica*, *Catalpa bignonioides*, *Cedrus deodara*, *Cedrus libani*, *Cupressus sempervirens*, *Ginkgo biloba*, *Morus nigra*, *Phoenix canariensis*, *Phoenix dactylifera*, *Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Trachycarpus fortunei*, *Celtis australis*, *Cercis siliquastrum*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus x canescens*, *Albizia julibrissin*, *Brachychiton pulpuneum*, *Quercus palustris*, *Quercus rubra*, *Sorbus torminalis*, *Ficus elastica* e *Ficus macrophylla* (SOARES, 2006; CASTEL-BRANCO e REGO, 1998).

A adaptação das árvores é um fator importante de analisar pelas condicionantes a que estão sujeitas nos espaços urbanos pois, por vezes verifica-se ser esta adaptação ao ambiente urbano difícil e prolongada levando frequentemente ao seu desenvolvimento de modo debilitado, sendo facilmente atacadas por fungos ou insetos, ou aparecendo situações de *dieback* (sinais de morte progressiva), oferecendo uma imagem estética negativa e com problemas de estabilidade estrutural (SOARES, 2006), invertendo os objetivos pretendidos com a plantação.

A avaliação do vigor das árvores urbanas é subjetiva podendo ser ponderadas diferentes variáveis tais como: ramos secos, quantidade e severidade da cloroses, crestamento nas folhas, densidade da copa, injúria estrutural, doenças ou podas excessivas e/ou incorretas e crescimentos deficientes (BIONDI e REISSMANN, 1997).

2 - Área de estudo e métodos

As árvores em estudo fazem parte do corredor verde do Metro do Porto nos concelhos da Maia e Matosinhos, tendo sido plantadas no âmbito do desenvolvimento de projetos de Integração Paisagística. As empreitadas de construção dos espaços verdes começaram em Novembro de 2000 (Linha de Matosinhos) tendo havido uma quase permanente continuidade de empreitadas de espaços verdes até 2011 (Linha de Gondomar). Os dados de levantamento correspondem a árvores plantadas em espaço urbano ao longo de quase 9 anos (Nov. 2000 a Set. 2009). Foram analisadas árvores predominantemente plantadas em arruamentos, vias do Metro, praças, largos, jardins, parques e espaços verdes de enquadramento, com o objetivo de requalificação dos espaços urbanos. Foram escolhidos, no contexto do presente estudo, duas tipologias de espaços associados do Metro do Porto para ilustrar o comportamento das árvores nas várias situações urbanas, considerando os seguintes aspetos:

a) locais de tráfego intenso, zonas industriais e infraestruturas relevantes (ligações ao aeroporto, plataforma logística e porto de Leixões), com poluição e grande densidade populacional - troços do Metro de Matosinhos.

b) locais de tráfego mediano com localização de algumas infraestruturas, razoavelmente poluídos e com construção em grande diversidade de situações havendo zonas urbanas, rurais e florestais – troços do Metro da Maia e Matosinhos.

Considerou-se que as árvores, quanto às condições de plantação, obedeciam a três modelos: em terreno, em caldeira e em trincheira. O modelo em terreno reporta-se a árvores plantadas em jardins, parques, rotundas ou zonas de enquadramento ou seja, em espaços com áreas relativamente largas e extensas. A plantação em caldeira considerou que as árvores se situavam em espaços impermeáveis e eram plantadas em espaços quadrados, redondos ou retangulares, contidos com áreas nunca superiores a 4m². Finalmente, o modelo em trincheira, considerou que as árvores se situavam em espaços compartimentados, retangulares, tendo um dos seus lados largura não superior a 2,5m e o outro largura igual ou superior a 10,0m.

O levantamento de campo foi realizado entre Junho e Setembro de 2009 abrangendo 2289 **árvores**. **Foram** excluídas as espécies e exemplares que se encontravam em taludes excessivamente inclinados, em zonas fechadas por muros ou vedações, as que se apresentavam com número insuficiente de exemplares para dar dados relevantes e as que apresentam características de desenvolvimento de grande especificidade como sejam o caso das *Palmeaceas*.

Trata-se assim de um trabalho realizado sobre uma situação concreta de avaliação do comportamento do material vegetal inserido num corredor verde urbano decorrente de uma obra de construção de metro. Analisaram-se diferentes contextos urbanos, resultantes de diferentes projetos, que se concretizaram em diferentes empreitadas e construtores. Amostraram-se cerca de 92% do número total de árvores sujeitas a levantamento ou de cerca de 77% se consideradas apenas as árvores vivas procurando que as amostragens sejam representativas das árvores plantadas ao longo do corredor verde do Metro do Porto (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização da amostragem das árvores plantadas.

Nº total de Árvores plantadas durante a execução das obras do Metro do Porto	Nº total de árvores inacessíveis ao levantamento de campo	Nº total de Árvores não avaliadas (excluídas)	Nº total de Árvores com levantamento de campo e sujeitas a avaliação percentual (inclui todas as árvores presentes no terreno mesmo que mortas)	Nº total de Árvores com levantamento de campo e sujeitas a análise de crescimentos (exclui todas as árvores presentes no terreno que se encontrem mortas)
2489	192	8	2289	1926
100%	7,71% d	0,31% d	91,96%	77,38%

Para a avaliação dos acréscimos anuais médios de pap e dos acréscimos anuais médios de alturas das árvores fizeram-se medições dendométricas na altura da plantação e posteriormente em 2009. Para a avaliação da mortalidade consultaram-se os projetos de Integração Paisagística e os dados fornecidos pela Metro do Porto S.A. e pelas Câmara Municipal da Maia e Câmara Municipal de Matosinhos. Era conhecido o número total de árvores plantadas e o número de árvores que se encontravam mortas ou inexistentes no local por terem sido removidas e/ou por se encontrarem mortas em 2009. De acordo com os dados fornecidos pela Metro do Porto S.A. e pelas Câmara Municipal da Maia e de Matosinhos não tinham sido efetuadas praticamente substituições de árvores pelo que a mortalidade das árvores até 2009 corresponderá às plantações realizadas desde a obra.

Para a avaliação da mortalidade definiram-se classificações decorrentes da percentagem de árvores mortas em cada espécie/forma/cultivar/hibrido sendo

aplicada a classificação de Elevado quando a mortalidade era inferior a 10%; Alto quando a percentagem da mortalidade estava compreendida entre 10-20%; Médio para percentagens de mortalidade entre 20-40%; e, por fim, a classificação de Baixo (B) e quando as percentagens de árvores mortas eram superiores a 40%.

Para a avaliação do vigor, os parâmetros estabelecidos e que foram avaliados por observação visual durante o levantamento de campo foram: Feridas em troncos e colo, descoloração e/ou crestamento de folhas, *dieback* (sinais de morte progressiva), inclinação da árvore, presença de fungos e/ou bactérias (avaliação de diferentes níveis de infestação), compactação do solo, podas excessivas e/ou incorretas, ramos e troncos mortos. Seguiu-se a classificação em árvores viáveis correspondendo às árvores boas, vigorosas, que não apresentam sinais de danos mecânicos, doenças, feridas graves, verticalidade e folhagens sem problemas, e a classificação das árvores em *stress* correspondendo às que estavam em estado razoavelmente satisfatório, com pequenos problemas de danos físicos e de pragas ou as que apresentando ainda algum declínio se considerava ser possível serem sujeitas a tratamentos de recuperação. As árvores em estado de grave declínio e com sintomas de infestação muito avançada, verificando-se ser quase impossível a sua recuperação e tratamento, foram consideradas como mortas. Seguiu-se a avaliação percentual das árvores viáveis ou em *stress* para cada espécie/forma/cultivar/híbrido sendo aplicada para as árvores em *stress* uma classificação de Baixo quando a percentagem de árvores nesta condição era superior a 40%; de Médio quando as árvores em *stress* se encontravam numa percentagem entre 20-40%; de Alto para percentagens entre 10 e 20%; e de Elevado quando as árvores em *stress* estavam numa percentagem inferior a 10%. Aplicou-se também uma classificação para a viabilidade sendo que quando as árvores viáveis se encontravam numa percentagem superior a 90% era de Elevado; quando a percentagem se situava entre 50-90% a classificação era de Alto; entre 30-50% de Médio; e a percentagem de árvores viáveis era inferior a 30% de Baixo.

3 - Resultados e discussão

3.1 - Acréscimos médios anuais

Foram avaliadas 29 espécie/forma/cultivar/híbrido. No que diz respeito aos pap e alturas das árvores no momento da plantação verificou-se terem dimensões semelhantes em que:

- 38% das árvores apresentavam alturas compreendidas entre 4,5-4,0m, seguindo-se 30% com alturas compreendidas entre 5,0-4,5m, 21% com 3,5-3,0m de altura, sendo as restantes classes de alturas quer superiores a 5,0m ou inferiores a 3,0m pouco representativas mas nunca ultrapassando os 6,0m ou sendo inferiores a 1,5m.

- 52% das árvores foram plantadas com pap entre 16-18cm seguindo-se 28% com 14-16 cm e 9% com 12-14cm do número total de árvores plantadas. As restantes classes não apresentam valores significativos nunca tendo os pap valor inferior a 8cm ou superior a 30cm.

A análise dos acréscimos médios dos pap e das alturas permitem identificar quais as espécies/formas/cultivares/híbridos que apresentam comportamentos mais distintos. Constatou-se que algumas das árvores apresentavam acréscimos médios anuais muito elevados e que outras, pelo contrário, apresentavam acréscimos quase impercetíveis tendo-se estabelecido 3 classes para os acréscimos: Elevados quando os acréscimos médios anuais de pap são superiores a 6cm/ano; Médios quando compreendidos entre 6 e 3cm/ano; e, por fim, Baixos quando com valores iguais ou inferiores a 3 cm/ano. Na tabela 2 apresentam-se os valores obtidos para as várias árvores e a respetiva classificação.

As árvores com crescimentos médios anuais de pap Elevados são: *Acer negundo*, *Acer rubrum*, “*Columnare*”, *Betula celtiberica*, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens sempervirens*, *Pinus pinea*, *Populus nigra*. “*Italica*”. Quanto às árvores que compreendem o grupo dos acréscimos Médios são: *Cupressus sempervirens*. “*Pyramidalis*”, *Eucalyptus globulos*, *Liquidambar styraciflua*, *Platanus x hispanica*, *Populus nigra*, *Prunus serrulata* “*Kanzan*”, *Quercus suber*, *Robinea pseudoacacia* “*Pyramidalis*”, *Ulmus procera*. No que diz respeito às árvores com acréscimos Baixos tem-se: *Acer pseudoplatanus*, *Camellia japonica*, *Fraxinus angustifolia*, *Jacaranda mimosifolia*, *Liriodendron tulipifera* “*Fastigiata*”, *Liquidambar styraciflua* “*Lane Roberts*”, *Magnolia x soulangeana*, *Melia azedarach*, *Metrosiderus robusta*, *Prunus avium* “*Plena*”, *Quercus robur*, *Sorbus aucuparia*, e a *Tilia cordata*.

No que diz respeito aos acréscimos médios anuais em altura verifica-se que podem também ser definidos três grupos: árvores com acréscimos médios em altura anuais Elevados as que apresentam acréscimos superiores ou iguais a 100cm/ano; acréscimos Médios anuais quando compreendidos entre 100 e 50cm/ano; e, por fim, os acréscimos anuais Baixos quando os valores são inferiores a 50 cm/ano.

Quanto às árvores que podem ser classificadas como tendo acréscimos de crescimento médios anuais de altura são: *Acer negundo*, *Eucalyptus globulus*, *Casuarina equisetifolia*, *Liquidambar styraciflua*, *Robinea pseudoacacia* “*Pyramidalis*”, *Magnolia x soulangeana*, *Platanus x hispanica*, *Liriodendron tulipifera* “*Fastigiata*”, *Populus nigra*, *Prunus serrulata* “*Kanzan*”, *Quercus suber*, *Pinus pinea*, *Tilia cordata* e *Quercus robur*. O grupo de árvores que apresentam menores acréscimos médios anuais em altura correspondem a: *Ulmus procera*, *Cupressus sempervirens* “*Pyramidalis*”, *Fraxinus angustifolia*, *Acer pseudoplatanus*, *Metrosiderus robusta*, *Jacaranda mimosifolia*, *Liquidambar styraciflua* “*Lane Roberts*”, *Prunus avium* “*Plena*”, *Melia azedarach*, *Camellia japonica*.

Verifica-se existirem árvores que, face às condições presentes na Área Metropolitana do Porto, apresentam acréscimos médios anuais em altura notáveis (Elevados) como são o caso das *Betula celtiberica*, *Acer rubrum* “*Columnare*” e *Populus nigra* “*Italica*” onde valores da ordem dos 3,0m e dos 2,0 m são verificados por ano, e da *Sorbus aucuparia* com 1,4m e do *Cupressus sempervirens sempervirens* com 1,2m.

Tabela 2 - Acréscimos médios anuais de pap e altura das árvores

Lista de árvores	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cms		Acréscimos médios de altura em m		Média dos acréscimos médios anuais pap e altura
<i>Acer negundo</i> L.	65	7,94185	E	0,93108	M	ELEVADO
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	197	1,51386	B	0,29853	B	BAIXO
<i>Acer rubrum</i> L. cv. “ <i>Columnare</i> ”	51	17,35882	E	2,55686	E	ELEVADO
<i>Betula celtiberica</i> Rothm. & Vasc	47	12,52830	E	3,13787	E	ELEVADO
<i>Camellia japonica</i> L.	7	0,07143	B	0,0000	B	BAIXO
<i>Casuarina equisetifolia</i> J. R. Forst. & G. Forst	129	6,43481	E	0,89512	M	ELEVADO
<i>Cupressus sempervirens</i> L. cv. “ <i>Pyramidalis</i> ”	27	4,04519	M	0,32519	B	MEDIO
<i>Cupressus sempervirens</i> L. for. <i>sempervirens</i>	103	6,88306	E	1,20813	E	ELEVADO
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	4	4,47500	M	0,98250	M	MEDIO
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	97	1,32474	B	0,30103	B	BAIXO

Lista de árvores	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cms		Acréscimos médios de altura em m		Média dos acréscimos médios anuais pap e altura
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	17	0,05294	B	0,27647	B	BAIXO
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	120	3,84333	M	0,85417	M	MEDIO
<i>Liquidambar styraciflua</i> L. cv. "Lane Roberts"	30	0,74800	B	0,24900	B	BAIXO
<i>Liriodendron tulipifera</i> L. cv. "Fastigiata"	181	2,02155	B	0,57238	M	MEDIO
<i>Magnolia x soulangeana</i> Soul.-Bod.	76	0,37763	B	0,68684	M	MEDIO
<i>Melia azedarach</i> L.	28	2,99286	B	0,13571	B	BAIXO
<i>Metrosiderus robusta</i> A. Cunn.	18	0,73333	B	0,28889	B	BAIXO
<i>Pinus pinea</i> L.	68	9,89779	E	0,51176	M	ELEVADO
<i>Platanus x hispanica</i> Miller ex Munchh.	51	4,10588	M	0,57451	M	MEDIO
<i>Populus nigra</i> L.	9	4,40556	M	0,57083	M	MEDIO
<i>Populus nigra</i> L. cv. "Italica"	121	10,91314	E	1,98926	E	ELEVADO
<i>Prunus avium</i> L. cv. "Plena"	203	1,74027	B	0,22118	B	BAIXO
<i>Prunus serrulata</i> Lindl cv. "Kanzan"	7	4,08286	M	0,55857	M	MEDIO
<i>Quercus robur</i> L.	85	1,93259	B	0,49894	B	BAIXO
<i>Quercus suber</i> L.	5	5,28000	M	0,54000	M	MEDIO
<i>Robinea pseudoacacia</i> L. cv. "Pyramidalis"	7	4,45714	M	0,77143	M	MEDIO
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	117	1,16726	B	1,46829	E	MEDIO
<i>Tilia cordata</i> Mill	11	2,64545	B	0,50000	M	MEDIO
<i>Ulmus procera</i> Salisb.	45	4,33111	M	0,43778	B	MEDIO
29 espécies/formas/cultivares/híbridos	Total de árvores sujeitas a avaliação estatística - 1926 un					

As árvores que apresentam acréscimos médios anuais Elevados quer no crescimento em altura quer em pap são: *Acer rubrum* "Columnare", *Betula celtiberica*, *Cupressus sempervirens sempervirens* e *Populus nigra* "Italica".

Também se constata que para uma mesma espécie os cultivares apresentam valores significativamente distintos nos acréscimos médios anuais dos pap e que entre forma e cultivar de uma mesma espécie também os valores são distintos.

Vejam-se os exemplos de:

- *Cupressus sempervirens sempervirens* apresenta aumentos de pap de 6,88cm enquanto *Cupressus sempervirens "Pyramidalis"* anda na ordem dos 4,05cm;
- *Populus nigra "Italica"* apresenta acréscimos médios anuais de 10,91cm enquanto o *Populus nigra* 4,41cm;
- *Liquidambar styraciflua* apresenta acréscimos de 3,84cm e o *Liquidambar styraciflua "Lane Roberts"* 0,75cm.

Á semelhança do que se verificou para os pap também se verificam variações significativas nas taxas de acréscimo das alturas médias entre espécies e cultivares e entre forma e cultivar de uma mesma espécie, vejam-se os exemplos de:

- *Cupressus sempervirens sempervirens* que apresenta aumentos médios anuais em altura de 1,21m enquanto o *Cupressus sempervirens "Pyramidalis"* anda na ordem dos 0,77m;
- O *Populus nigra "Italica"* apresenta acréscimos médios anuais em altura de 1,99m enquanto o *Populus nigra* de 0,57cm;
- Os *Liquidambar styraciflua* apresentam acréscimos médios anuais em altura de 0,85m e para o *Liquidambar styraciflua "Lane Roberts"* de 0,25m.

3.2 - Mortalidade das árvores em espaço urbano e por situação de plantação

Na avaliação da mortalidade foram tidas em conta as árvores mortas e as árvores que se encontram em grave declínio consideradas irrecuperáveis de acordo com os princípios estabelecidos na metodologia. Foi obtida uma percentagem de 15,9% de mortalidade para as árvores plantadas ao longo dos 9 anos em análise. Este valor pode ser considerado muito interessante dado ser inferior a valores obtidos noutros estudos, nomeadamente os referidos para Oakland com taxas de mortalidade médias anuais para árvores recentemente plantadas num período de avaliação de 2 anos de 19%, (NOWAK *et al.*, 2004) ou para os 10 primeiros anos de plantação nos arruamentos de 22% e para Parques de 8% na Dinamarca, ou para a Finlândia para os primeiros 2 anos de implantação com 10% para os arruamentos e 7% para os Parques (PAULEIT, 2002). O Metro do Porto, tratando-se de um corredor verde associado a uma infraestrutura linear intimamente ligado à mobilidade urbana, tem predominantemente árvores plantadas em tipologias diversas de espaços públicos como arruamentos, estacionamento, vias de metro e espaços verdes de enquadramento, e menos em parques e jardins, pelo que as percentagens de mortalidade deverão ser analisadas na perspetiva da arborização de arruamento (Tabela 3).

Tabela 3 - Mortalidade das árvores do Corredor Verde do Metro do Porto ao longo de 9 anos

Nº total de Árvores com levantamento de campo e sujeitas a avaliação percentual	Nº total de Árvores mortas	Nº total de Árvores em stress	Nº total de Árvores viáveis
2289	363	324	1602
100%	15,86%	14,15%	69,99%

Estando as árvores plantadas em situações diferentes avaliou-se a relação entre o modelo de plantação (em terreno, em caldeira e em trincheira) e a mortalidade (Tabela 4).

Tabela 4 - Mortalidade das árvores por modelo de plantação

	Nº total de Árvores plantadas e avaliadas	Nº total de Árvores mortas	Nº total de árvores em caldeira	Nº total de Árvores mortas em caldeira	Nº total de árvores em trincheira	Nº total de Árvores mortas em trincheira	Nº total de árvores em terreno	Nº total de Árvores mortas em terreno
	2289		765		307		1207	
		363		90		2		271
Porcentagem em relação ao número total de árvores avaliada	100%		33,86%		13,41%		52,73%	
Porcentagem de mortalidade em 9 anos		15,86%		3,93%		0,09%		11,84%
Porcentagem da mortalidade em relação à mortalidade total e por situação				24,78%		0,57%		74,65%

O total percentual de árvores mortas ao longo de 9 anos de monitorização foi de 15,86% e inclui todas as árvores mortas inventariadas em todas as tipologias de espaços: jardins, parques, rotundas e espaços verdes de enquadramento (predominantemente em terreno), praças, largos, parques de estacionamento, arruamentos (predominantemente em caldeira) e vias de metro e estações, (predominantemente em trincheira).

A Tabela 4 fornece as percentagens das árvores que se encontram mortas em diferentes modelos de plantação. A maior percentagem de árvores mortas verificava-se na plantação em terreno contribuindo com 11,84% da mortalidade seguindo-se com valores muito inferiores nas caldeiras com 3,93% e as trincheiras com um valor residual. É nas árvores em terreno que se verifica a maior mortalidade pois sendo o modelo adotado em 53% do total das árvores plantadas contribui com 74,65% das árvores encontradas mortas.

De acordo com o observado, nos levantamentos de campo pode dizer-se que os principais problemas verificados nas árvores situadas em terreno eram: a tutoragem, enforcamento por cintas e atilhos, injúrias provocadas pelas ações de manutenção nomeadamente feridas nos troncos pelas máquinas corta relvas e cortes do colo pela roçadora. Algumas árvores apresentavam patologias decorrentes da presença de fungos e bactérias.

Nas árvores que se situavam em caldeira verificava-se que estavam muito sujeitas a vandalismo principalmente devido a choques mecânicos, sobretudo provocados pelos automóveis, e deposição de produtos tóxicos, seguindo-se *stress* hídrico e deficiência de nutrientes e compactação de solos. Também apresentavam fungos e bactérias e problemas com tutoragem, enforcamento por cintas e atilhos.

3.3 - Mortalidade e vigor das árvores

Fazendo-se a avaliação das percentagens de mortalidade verifica-se haver espécie/ forma/cultivar/híbrido cuja mortalidade é Baixa e outras com mortalidade Elevada. A Tabela 5 sumaria os principais resultados obtidos com a avaliação da mortalidade e do vigor.

As árvores que apresentam elevada percentagem de mortalidade e falta de vigor são a *Betula celtiberica*, *Camellia japonica*, *Robinea pseudoacacia* “*Pyramidalis*” e a *Sorbus aucuparia*. Por oposição, existem árvores com grande vigor e baixa mortalidade manifestando uma fácil adaptação às condições de plantação e do espaço, como sejam o *Acer negundo*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer rubrum* “*Columnare*”, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens* “*Pyramidalis*” *Metrosiderus robusta*, *Pinus pinea*, *Populus nigra*, *Prunus serrulata* “*Kanzan*” e *Tilia cordata*.

3.4 - indicador de Capacidade de Crescimento e de Implementação em Espaço Urbano

A relação entre todos os parâmetros fez-se a partir das classificações atribuídas. No entanto considerou-se que mortalidades muito elevadas eram fortemente condicionadoras da implementação das árvores em espaço urbano sendo um fator superlativo e que se sobrepõe sobre a média obtida.

Tem-se assim para a área Metropolitana do Porto que as espécie/forma/cultivar/híbrido que apresentam grande capacidade de crescimento e de implementação em espaço urbano, tendo obtido classificação de Elevado são: *Acer negundo*, *Acer rubrum* “*Columnare*”, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens*, *Pinus pinea* e a *Populus nigra* “*Italica*”. Apresentando desempenhos também de grande interesse para espaço público obtendo a classificação de Alto tem-se: *Cupressus sempervirens* “*Pyramidalis*”, *Eucalyptus globulus*, *Liquidambar styraciflua*, *Liriodendron tulipifera* “*Fastigiata*”, *Platanus x hispanica*, *Populus nigra*, *Prunus serrulata* “*Kanzan*” e a *Tilia cordata*.

As plantas classificadas com Elevada Capacidade de Crescimento e de Implementação situam-se predominantemente em trincheira e em terreno **não compactado, com rega automática, sujeitas a cortes de prados e relvados e a tratamentos frequentes**. As árvores com classificação de Alta Capacidade de Crescimento e de Implementação encontram-se predominantemente situadas em caldeiras onde não existe rega automática, os volumes de terra para o desenvolvimento radicular é reduzido e existe maior **poluição atmosférica e hídrica** como seja o caso dos *Liquidambar styraciflua*, *Liriodendron tulipifera* “*Fastigiata*”, *Prunus serrulata* “*Kanzan*” e *Tilia cordata*.

Tabela 6 - Indicadores da Capacidade de Crescimento e Implementação das Árvores no Corredor do Metro da AMP – parâmetros considerados

Espécie/ variedade/ cultivar	> Pap	>Alt	Vigor	Mortalidade	Capacidade de Cresci- mento e de Implementa- ção em Espa- ço Urbano
<i>Acer negundo</i> L.	E	M	E	E	E
<i>Acer pseudoplatanus</i> .L.	B	B	E	E	M
<i>Acer rubrum</i> L. cv. "Columnare"	E	E	E	E	E
<i>Betula celtiberica</i> Rothm. & Vasc	E	E	M	B	B
<i>Camellia japonica</i> L.	B	B	B	M	B
<i>Casuarina equisetifolia</i> J. R. Forst. & G. Forst	E	M	E	E	E
<i>Cupressus sempervirens</i> L. cv. "Pyramidalis"	M	B	E	E	A
<i>Cupressus sempervirens</i> L. for. <i>sempervirens</i>	E	E	A	E	E
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	M	M	A	E	A
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	B	B	A	E	M
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	B	B	M	E	M
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	M	M	A	E	A
<i>Liquidambar styraciflua</i> . L. cv. "Lane Roberts"	B	B	A	M	M
<i>Liriodendron tulipifera</i> L. cv. "Fastigiata"	B	M	A	E	A
<i>Magnolia x soulangeana</i> . Soul.-Bod.	B	M	M	M	B
<i>Melia azedarach</i> L.	B	B	A	E	M
<i>Metrosiderus robusta</i> A. Cunn.	B	B	E	E	M
<i>Pinus pinea</i> L.	E	M	E	E	E
<i>Platanus x hispanica</i> Miller ex Munchh.	M	M	E	A	A
<i>Populus nigra</i> L.	M	M	E	E	A
<i>Populus nigra</i> L. cv. "Italica"	E	E	E	A	E
<i>Prunus avium</i> L. cv. "Plena"	B	B	A	A	M
<i>Prunus serrulata</i> Lindl cv. "Kanzan"	M	M	E	E	A
<i>Quercus robur</i> L.	B	B	A	E	M
<i>Quercus suber</i> L.	M	M	E	M	M
<i>Robinea pseudoacacia</i> L. cv. "Pyramidalis"	M	M	A	B	B

Espécie/ variedade/ cultivar	> Pap	>Alt	Vigor	Mortalidade	Capacidade de Cresci- mento e de Implementa- ção em Espa- ço Urbano
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	B	E	A	B	B
<i>Tilia cordata</i> Mill	B	M	E	E	A
<i>Ulmus procera</i> Salisb.	M	B	E	M	M

4 - Conclusões

As árvores plantadas ao longo do Metro do Porto que apresentam melhores capacidades de crescimento e de implementação são: *Acer negundo*, *Acer rubrum* “*Columnare*”, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens sempervirens*, *Pinus pinea* e *Populus nigra* “*Italica*”. Por oposição as árvores que apresentam piores capacidades de crescimento e implementação são: *Betula celtiberica*, *Camellia japonica*, *Magnolia x soulangeana*, *Robinea pseudoacacia* “*Pyramidalis*” e *Sorbus aucuparia*.

A maior percentagem de mortalidade verifica-se nas árvores situadas em terreno, ou seja nas plantadas em jardins, parques, rotundas e espaços verdes de enquadramento. Seguem-se, com a segunda maior taxa de mortalidade, a plantação das árvores em caldeira. As árvores plantadas em trincheira são aquelas onde se verifica a menor percentagem de mortalidade das árvores plantadas ao longo do Metro do Porto. Na avaliação da mortalidade e do vigor das árvores, a manutenção revelou-se ser um fator importante. Tutoragens mal executadas, enforcamento por cintas e atilhos, feridas provocadas nos troncos das árvores pelas máquinas corta relvas, cortes do colo pela roçadora e patologias decorrentes da presença de fungos e bactérias eram variáveis frequentes na avaliação das árvores situadas em terreno. Choques mecânicos, sobretudo provocados pelos automóveis, deposição de produtos tóxicos, *stress* hídrico, deficiência de nutrientes e compactação de solos, tutoragens mal executadas ou inexistentes, enforcamento por cintas e atilhos eram as variáveis mais frequentes verificadas nas caldeiras.

Os Indicadores da Capacidade de Crescimento e de Implementação apresentados neste artigo aplicam-se para árvores situadas na área do Porto, quando perante situações urbanas e para árvores jovens recentemente plantadas. A utilização destes indicadores, tal como dos valores apresentados para os acréscimos em altura, perímetro, mortalidade e vigor, são de grande interesse porque permitem conhecer os comportamentos das espécies/forma/cultivar/

híbrido perante as condicionantes do espaço. É assim possível desenvolver soluções mais conscientes ao nível do planeamento e do projeto de arborização, podendo-se selecionar as árvores mais indicadas para cada local ao nível do plano e do projecto, tal como se podem estabelecer ações mais criteriosas ao nível da gestão e manutenção do património arbóreo urbano, nomeadamente no estabelecimento das ações de manutenção das árvores e no aprovisionamento de *stoks* para a sua substituição.

Referências bibliográficas

- BIONDI, D., REISSMANN C. B., 1997. Avaliação do vigor das árvores urbanas através de parâmetros quantitativos - Evaluation of urban trees vigour using quantitative parameters. *Scientia Forestalis* 52: 17-28.
- BOND, J., 2005. The Significance of Young Urban Tree Mortality on State Implementation Plan (SIP) Planning. Davey Resource Group, for the National Tree Trust and its partners. In the project "Urban Tree Canopy Cover Inclusion in State Implementation Plans," USDA Forest Service, Urban and Community Forestry, 1-5.
- BRADSHAW, A., HUNT, B., WALMSLEY, T., 1995. *Trees in Urban Landscape, Principles and Practice*. London. E & FN Spon, 265 pp.
- CASTEL-BRANCO, C., REGO, F. C., 1998. A Colaboração do ISA para a EXPO'98. In *actas do 1º Congresso Nacional de Arquitectura Paisagista*. Lisboa. Edição Associação Portuguesa dos Arquitectos Paisagistas, 102 pp.
- COSTA, L., 2007. *A Vegetação e os Edifícios – Práticas para a aplicação do material vegetal atendendo a princípios de sustentabilidade*. Prova de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Arquitectura paisagista, UTAD, pp. 21-54.
- FOWELLS, H.A., MEANS, JOSEPH E., 2008. The Tree and Its Environment. In *Silvics Manual. Hardwoods*. Volume 2. pp 1 -27.
- IAKOVOGLOU, V., THOMPSON, J., BURRAS, L., 2002. Characteristics of trees according to community population level and by land use in the U.S. Midwest. *Journal of Arboriculture* 28(2): 59-68.
- LAWRENCE, A. B., ESCOBEDO, F. J., STAUDHAMMER, C. L., ZIPPERER, W., 2012. Analyzing growth and mortality in a subtropical urban forest ecosystem. *Landscape and Urban Planning* 104(1): 85-94.
- NOWAK, D. J., KURODA M., DANIEL E., CRANE, D. E., 2004. Tree mortality rates and tree population projections in Baltimore, Maryland, USA. *Urban Forestry & Urban Greening* 2(3): 139-147.
- NOWAK, D. J.; MCBRIDE, J. R., BEATTY, R. A., 1990. Newly Planted Street Tree Growth and Mortality. *Journal of Arboriculture* 16(5): May, 124-129.

- PAULEIT, S., JONES N. J., GARCIA-MARTIN G., VALDECANTOS, J. L., GARCIA-VALDECANTOS, R., RIVIÈRE, L. M., VIDAL-BEAUDET, L., BODSON, M., RANDRUP, T. B., 2002. Tree establishment practice in towns and cities – Results from a European survey. *Urban Forestry & Urban Green* 1(2002): 83–96.
- SANTOS, V., VIANA, H.; FERNANDES, J. M.; BARRACOSA, P., 2005. Ensaio de Transplantes no Parque Botânico Arbutus do Demo (Vila Nova de Paiva). In *Posters do 5º Congresso Florestal Nacional sobre A Floresta e as Gentes*. Sociedade Portuguesa das Ciências Florestais e Instituto Politécnico. Viseu 16-19 de Maio.
- SOARES, A. L., 2006. *O valor das Árvores. Árvores e Floresta Urbana de Lisboa*. Dissertação de Doutoramento em Arquitectura Paisagista. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 344 pp.