

PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO DISTRIBUIÇÃO: uma revisão bibliográfica

Sérgio S. Barreto¹, Carlos M. S. Ferreira^{2;4}, José M. P. Paixão^{3;4}

¹ISCA - Universidade de Aveiro

²DEGEI - Universidade de Aveiro

³DEIO - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

⁴CIO - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

RESUMO

Neste artigo é apresentada uma pesquisa bibliográfica constituída por 81 artigos publicados em revistas, livros ou na Internet, ao longo dos últimos 40 anos e cujo objecto de estudo são Problemas de Localização-Distribuição (PLD). As publicações são incluídas numa de entre 4 categorias: estudos sobre os custos de distribuição, estudos de revisão, estudos com rotas e estudos com caminhos. Das duas últimas categorias emanam outras sub-categorias posicionadas em dois níveis: de acordo com as propostas de formulação/resolução e tendo em conta o tipo de PLD em estudo. São ainda apresentadas algumas notas explicativas e dados estatísticos relativos aos autores, meio de divulgação e evolução cronológica.

Palavras chave: Investigação Operacional, Logística, Localização-Distribuição, Bibliografia.

1. INTRODUÇÃO

Recorrendo a uma linguagem empresarial, os PLDs podem ser definidos da seguinte forma:

Conhecida a localização de um conjunto de clientes, pretende-se encontrar a localização dos armazéns e os percursos de distribuição entre os armazéns e os clientes, de tal forma que o custo total da instalação dos armazéns e da distribuição pelos clientes seja mínimo.

Esta definição pretende ser representativa de uma grande variedade de PLDs. Sendo assim, a designação clientes pode significar clientes, cidades, aldeias, máquinas, caixas de correio, postos de recolha de leite, contentores, etc. Do mesmo modo, os armazéns poderão ser armazéns, fábricas, hospitais, pontos de transfeção, estações de tratamento de lixo, em suma, pontos que servem de partida e/ou chegada. A designação distribuição indica a actividade que é efectuada ao longo do percurso, distribuição, recolha, visita, divulgação ou qualquer outra. A palavra custo traduz uma avaliação quantitativa do valor do sistema de localização-distribuição. Esta avaliação pode ser baseada na distância, peso, tipo de carga, valor monetário, risco, tempo, etc, dependendo do problema em causa.

O PLD definido contempla apenas dois níveis, armazéns e clientes, mas é possível considerar PLDs com múltiplos níveis. Em termos empresariais um PLD pode admitir, por

exemplo, fornecedores de matéria prima, fábricas, armazéns, pontos de transfege, lojas e clientes.

Embora existam alguns trabalhos de revisão sobre PLDs já publicados, [Madsen81], [Madsen83], [Balakrishnan87], [Laporte88], [Laporte89] e [Min98], nenhum deles se dedica em exclusivo à revisão bibliográfica. No geral, focam também a revisão de métodos de resolução e taxonomia. Com excepção do trabalho [Min98], as revisões bibliográficas existentes não são anotadas, são pouco exaustivas deixando de fora muitos trabalhos e já acusam alguma desactualização. Numa altura em que a investigação em PLDs atravessa um momento menos inspirado, parece oportuno fazer uma revisão bibliográfica o mais profunda possível, que facilite e promova um olhar histórico, clarifique e posicione as tendências da investigação e possa contribuir para um relançamento da actualidade e importância da investigação em PLDs.

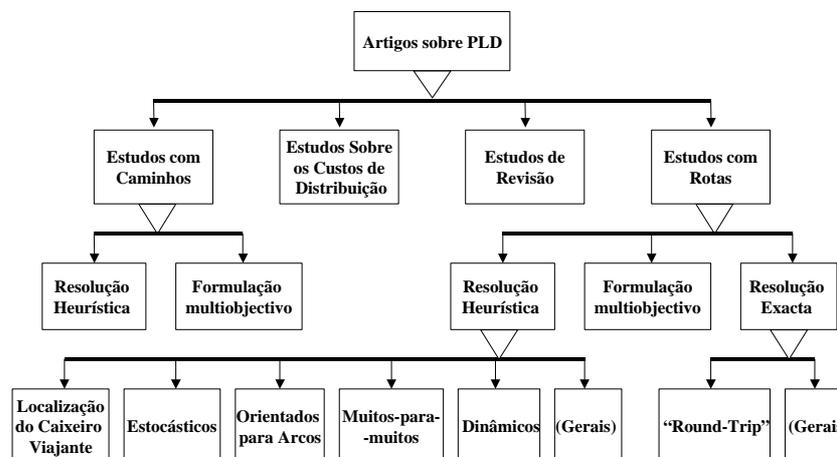


Figura 1: Classificação dos artigos sobre PLDs

Procurando traduzir de forma natural os diversos percursos de investigação, as referências bibliográficas foram agrupadas em três níveis, tal como indica o organograma da Figura 1. No primeiro nível os artigos são separados em quatro categorias, segundo o seu objecto de estudo principal, traduzindo um olhar do exterior sobre a totalidade do artigo. No segundo, são classificados de acordo com a resolução/formulação dos PLDs. No terceiro, segundo o tipo de PLD específico em estudo.

Os artigos serão encaminhados para a categoria em que são predominantes, o que não quer dizer que artigos de uma categoria não possam apresentar características de outra, por exemplo, [Lawrence69] também estuda o custo das rotas, apesar de pertencer à categoria Estudos com rotas ! Resolução heurística! Gerais.

Em cada categoria os artigos são expostos respeitando a ordem cronológica e também a linha de investigação. Sempre que é introduzido um novo artigo, seguem-se, por ordem cronológica, todos os que estão directamente relacionados em termos de conteúdo da investigação, sejam eles do mesmo autor ou não.

Após a apresentação anotada dos artigos seguem-se alguns resultados sobre a sequência cronológica das publicações, autores referenciados e meio de publicação.

2. BIBLIOGRAFIA ANOTADA

Não sendo possível, por condicionalismos de espaço, apresentar a bibliografia com anotação, remete-se para a referência [Barreto03] a consulta das referências completas e respecti-

vas notas. Por agora, os trabalhos são enquadrados na categoria correspondente, indicado-se o/s autor/s e ano de publicação.

A. ESTUDOS COM CAMINHOS

Dedicam-se ao estudo de PLDs com percursos constituídos por caminhos.

A.1. RESOLUÇÃO HEURÍSTICA

Propõem métodos de resolução aproximada.

Maranzana, F. E., 1964 F Derks, J. J. M., Spieksma, F.C. R., 1996

A.2. FORMULAÇÃO MULTIOBJECTIVO

PLDs com função objectivo múltipla. Em geral incidem sobre localização e transporte de resíduos desagradáveis e/ou perigosos.

F Zografos, K. G., Samara, S., 1989 F ReVelle, C., Cohon, J., Shobry, D., 1991
F List, G. F., Mirchandani, P., 1991 F List, G. F., Mirchandani, P. B., Turnquist, M. A., Zografos, K. G., 1991 F Boøey, B., Karkasis, J., 1993 F Coutinho-Rodrigues, J., Clímaco, J., Current, J., Ratick, S., 1997 F Giannikos, I., 1998
F Cappanera, P., Gallo, G., Maçoli, F., 2000

B. ESTUDOS SOBRE OS CUSTOS DE DISTRIBUIÇÃO

Incidem sobre a obtenção de estimadores para aproximar o custo dos percursos de distribuição.

F Griffiths, D. O., 1968 F Webb, M. H. J., 1968 F Lawrence, R. M., Pengilly, P., 1969
F Christodores, N., Eilon, S., 1969 F Salhi, S., Rand, G. K., 1989

C. ESTUDOS DE REVISÃO

Artigos de revisão bibliográfica, algorítmica e taxonomia.

F Madsen, O. B. J., 1981 F Balakrishnan, A., Ward, J. E., Wong, R. T., 1987 F Laporte, G., 1988
F Laporte, G., 1989 F Eiselt, H. A., Laporte, G., 1989 F Min, H., Jayaraman, V., Rajesh, S., 1998

D. ESTUDOS COM ROTAS

Dedicam-se ao estudo de PLDs com percursos constituídos por rotas.

D.1. RESOLUÇÃO HEURÍSTICA

Publicações que propõem a resolução aproximada de PLDs.

D.1.1. LOCALIZAÇÃO DO CAIXEIRO VIAJANTE

PLD específico cujo objectivo é localizar um único depósito e construir uma só rota.

Burness, R. C., White, J. A., 1976 F Berman, O. e Simchi-Levi, D., 1986
F Berman, O. e Simchi-Levi, D., 1988 F Simchi-Levi, D., Berman, O., 1988
F Bertsimas, J., Jaillet, P., Odoni, A. R., 1990 F Simchi-Levi, D., 1991
F Berman, O., Jaillet, P., Simchi-Levi, D., 1995 F Stowers, C. L., Palekar, U. S., 1993
F Averbakh, I. e Berman, O., 1994 F Averbakh, I. e Berman, O., 1995

D.1.2. ESTOCÁSTICOS

PLDs que envolvem parâmetros aleatórios (custos, distâncias, encomendas, tempo, etc).

Harrison, H., 1979 F Drezner, Z., Steiner, G., Wesolowsky, G. O., 1985 F Daskin, M. S., 1987 F Chan, Y., Carter, W. B., Burness, M. D., 2001

D.1.3. ORIENTADOS PARA ARCOS

PLD específico cujos clientes são representados pelos arcos de uma rede.

Levy, L., Bodin, L., 1989 F Ghiani, G., Laporte, G., 1999 F Ghiani, G., Laporte, G., 2001

D.1.4. MUITOS-PARA-MUITOS

Estudam PLDs em que os clientes recebem e fornecem encomendas. Percursos de distribuição e recolha.

Nagy, G., Salhi, S., 1998

D.1.5. DINÂMICOS

Estudos sobre PLDs dinâmicos, isto é, com algum grau de variação ao longo do tempo.

Laport, G., Dejax, P. J., 1989

D.1.6. GERAIS

Restantes publicações que abordam a resolução heurística de PLDs.

Lawrence, R. M., Pengilly, P., 1969 F Wren, A., Holliday, A., 1972 F Watson-Gandy, C. D. T., Dohrn, P. J., 1973 F Or, I., Pierskalla, W. P., 1979 F Jacobsen, S. K., Madsen, O. B. G., 1980 F Madsen, O. B. G., 1983 F Nambiar, J. M., Gelders, L. F., Wassenhove, L. N., 1981 F Nambiar, J. M., Gelders, L. F., Wassenhove, L. N., 1989 F Perl, J., Daskin, M. S., 1984 F Perl, J., Daskin, M. S., 1985 F Hansen, P. H., Hegedahl, B., Hjortkjaer, S., Obel, B., 1994 F Branco, I. M., Coelho, J. D., 1990 F Srivastava, R., Benton, W. C., 1990 F Srivastava, R., 1993 F Chien, T. W., 1993 F Klose, A., 1995 F Bruns, A., Klose, A., 1997 F Salhi, S., Fraser, M., 1996 F Nagy, G., Salhi, S., 1996 F Nagy, G., Salhi, S., 1996 F Salhi, S., Nagy, G., 1999 F Min, H., 1996 F Tuzun, D., Burke, L. I., 1999 F Wu, T., Low, C., Bai, J., 2002

D.2. FORMULAÇÃO MULTIOBJECTIVO

Murty, K. G., Djang, P. A., 1999 F Johnson, M. P., Gorr, W. L., Roehrig, S. F., Heinz, J. H., 2000

D.3. RESOLUÇÃO EXACTA

D.3.1. "ROUND-TRIP"

Incidem sobre um PLD específico com rotas de distribuição que visitam dois clientes.

Chan, A. W., Francis, R. L., 1976 F Chan, A. W., Hearn, D. W., 1977 F Ghosh, J. K., Sinha, S. B., Acharya, D., 1981 F Drezner, Z., Wesolowsky G.O., 1982 F Drezner, Z., 1982 F Ichimori, T., Nishida, T., 1985 F Drezner, Z., 1985 F Kolen, A., 1985

D.3.2. GERAIS

Restantes trabalhos sobre resolução exacta de PLDs.

Laporte, G., Nobert, Y., 1981 F Laporte, G., Norbert, Y., Pelletier, P., 1983 F Laporte, G., Nobert, Y., Arpin, D., 1986 F Labbé, M., Laporte, G., 1986 F Laporte, G., Norbert, Y. e Taillefer, S., 1988 F Laporte, G., Louveaux, F.,

Mercure, H., 1989 FBookbinder, J., Reece, K. E., 1988 FWong, D. W. S. and Meyer, J. W., 1993

3. BIBLIOGRAGIA POR ORDEM CRONOLÓGICA

O gráfico ilustrado na Figura 2 indica o número de publicações anuais. Está bem realçado o carácter pioneiro da primeira publicação sobre PLDs [Maranzana64]. Destacam-se com 4 publicações os anos de 1991 e 1999, com 5 publicações os anos de 1985, 1988, 1993 e 1996 e com 8 o ano de 1989. Desde então há um declínio acentuado e contínuo do número de publicações anuais.

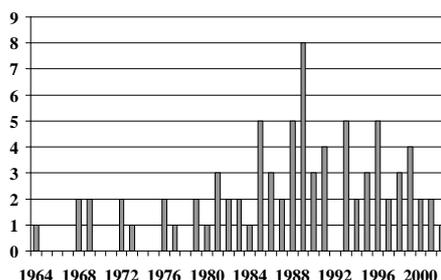


Figura 2: Número de publicações anuais

Na Figura 3 é indicado o número de publicações por década, sendo perfeitamente visível o esforço dedicado à investigação em PLDs nas décadas de 80 e 90.

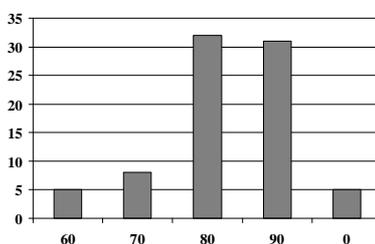


Figura 3: Número de publicações por década

4. BIBLIOGRAFIA POR AUTOR

Nas várias publicações participaram 115 autores. Muitas vezes os artigos publicados pelo mesmo autor ou pelo mesmo grupo de autores revelam estudos progressivos sobre o mesmo tema ou temas a...ns, apresentando uma continuidade na investigação e profundidade crescente nas propostas de resolução. A consulta de trabalhos por autor pode ser vista em [Barreto03]. Por agora, na Figura 4 é indicado o número de artigos por autor. Destaca-se claramente Laporte com 12 artigos, em seguida surgem Berman e Salhi com 6, Simchi-Levi com 5, Nagy, Nobert e Drezner com 4 e Daskin e Madsen com 3.

Acharya, D.	1	Ghani G.	2	Obel, B	1
Arpin D.	1	Giannikos, I.	1	Odoni, A. R.	1
Averbakh, I.	2	Ghosh, J. K.	1	Or, I.	1
Bai, J.	1	Gorr, W. L.	1	Palekar, U. S.	1
Balakrishnan, A.	1	Griffiths, D. O.	1	Pelletier P.	1
Benton, W. C.	1	Hansen, P. H.	1	Pengilly, P.	1
Berman, O.	6	Harrison, H.	1	Perl, J.	2
Bertsimas, J.	1	Hearn, D. W.	1	Pierskalla, W. P.	1
Bodin, L.	1	Hegedahl, B.	1	Rajesh, S.	1
Boffey, B.	1	Heinz, J. H.	1	Rand, G. K.	1
Bookbinder, J.	1	Hjortkjaer, S.	1	Ratick, S.	1
Branco, I. M.	1	Holliday, A.	1	Reece, K. E.	1
Bruns, A.	1	Ichimori, T.	1	ReVelle, C.	1
Burke, L. I.	1	Jacobsen, S. K.	1	Roehrig, S. F.	1
Burness, M. D.	1	Jaillet, P.	2	Salhi, S.	6
Burness, R. C.	1	Jayaraman, V.	1	Samara, S.	1
Cappanera, P.	1	Johnson, M. P.	1	Shobrys, D.	1
Carter, W. B.	1	Karkasis, J.	1	Simchi-Levi, D.	5
Chan, A. W.	2	Kolen, A.	1	Sinha, S. B.	1
Chan, Y.	1	Klose, A.	2	Spieksma, F. C. R.	1
Chien, T. W.	1	Labbé, M.	1	Srivastava, R.	2
Christofides, N.	1	Laporte, G.	12	Steiner, G.	1
Clímaco, J.	1	Lawrence, R. M.	1	Stowers, C. L.	1
Coelho, J. D.	1	Levy, L.	1	Taillefer S.	1
Cohon, J.	1	List, G. F.	2	Turnquist, M. A.	1
Coutinho-Rodrigues, J.	1	Louveaux, F.	1	Tuzun, D.	1
Current, J.	1	Low, C.	1	Ward, J. E.	1
Daskin, M. S.	3	Madsen, O. B. J.	3	Wassenhove, L. N.	2
Dejax, P. J.	1	Maffioli, F.	1	Watson-Gandy, C. D. T.	1
Derks, J. J. M.	1	Maranzana, F. E.	1	Webb, M. H. J.	1
Djang, P. A.	1	Mercure H.	1	Wesolowsky, G. O.	2
Dohm, P. J.	1	Meyer, J. W.	1	White, J. A.	1
Drezner, Z.	4	Min, H.	2	Wong, D. W. S.	1
Eiselt, H. A.	1	Mirchandani, P.	2	Wong, R. T.	1
Eilon, S.	1	Murty, K. G.	1	Wren, A.	1
Francis, R. L.	1	Nishida, T.	1	Wu, T.	1
Fraser, M.	1	Nagy, G.	4	Zografos, K. G.	1
Gallo, G.	1	Nambiar, J. M.	2		
Gelders, L. F.	2	Nobert, Y.	4		

Figura 4: Número de publicações por autor

5. BIBLIOGRAFIA POR MEIO DE COMUNICAÇÃO

A divulgação dos estudos científicos privilegiou a publicação em revistas periódicas, no entanto também se recorreu a outras formas de publicação. O panorama geral é o seguinte:

- 2 revistas periódicas - 72 publicações,
- 2 proceedings - 2 publicações,
- 2 participação em livros - 5 publicações,
- 2 Internet - 2 publicações.

A Figura 5 especifica o número de publicações por meio de comunicação e indica o ano de publicação. O record pertence à revista "Transportation Science" com 16 publicações, seguida de perto pela revista "European Journal of Operational Research", com 14. A revista "Operational Research Quarterly" sempre ligada aos PLD ao publicar entre 1970 e 1977 nada menos que 5 artigos, a maior densidade de artigos sobre PLDs e logo nos seus primórdios. Tendo alterado, em 1978, o seu nome para "Journal of the Operational Research Society", publicou ainda mais 3 artigos relacionados com os PLDs. A revista "IIE Transactions" é continuação da "AIIE Transactions".

PUBLICAÇÃO	ANO (n°)	N°
AIE Transactions	79	1
American Journal of Mathematical and Management Sciences	87	1
Applied Statistics	68	1
Belgian Journal of Operations Research	86	1
Computers & Operations Research	90,01,02	3
Decisions Science	93	1
European Journal of Operational Research	72,80,81,83(2),88,89(3),90,94,98(2),99	14
IIE Transactions	82	1
INFOR	89	1
International Journal of Physical Distribution and Material Management	89	1
Interfaces	79	1
International Journal of Industrial Engineering	00	1
Investigación Operativa	89	1
Journal of Business Logistics	84,96	2
Journal of the Operational Research Society	86,89,96	3
Naval Research Logistics Quarterly	85	1
Networks	86,99	2
OMEGA The International Journal of Management Sciences	73,93	2
Operational Research Quarterly	64,68,69(2),72	5
Operations Research	88,90,99	3
OPSEARCH	01	1
Professional Geographer	93	1
Studies In Locational Analysis	96(2),93,97,99	5
Top	98	1
Transportation Research B	85	1
Transportation Research Record	89	1
Transportation Science	76(2),77,82,85(3),88(2),91(4),93,94,95	16
Operations Research Proceedings	95,97	2
Participação em Livros	81(2),87,88,95	5
Internet	96,00	2
Total		81

Figura 5: Número de publicações por meio de comunicação

A ...gura 6 ilustra a variação de publicações sobre PLDs nas revistas mais emblemáticas, Transportation Science (TS), European Journal of Operational Research (EJOR) e Operations Research Quarterly (ORQ). É claramente visível o carácter pioneiro de ORQ e o interessante despique nas décadas de 80 e 90 entre TS e EJOR.

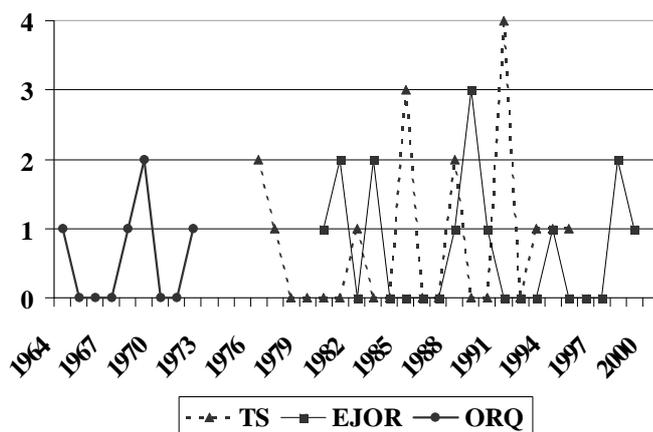


Figura 6: Número de publicações nas revistas mais emblemáticas

6. FINANCIAMENTO

Este trabalho foi co-financiado pelo Fundo Social Europeu.



7. REFERÊNCIAS

- Balakrishnan, A., Ward, J. E. e Wong, R. T. (1987). Integrated facility location and vehicle routing models: recent work and future prospects. *American Journal of Mathematics and Management Sciences* 7, 35-61.
- Barreto, S. S., Ferreira, C. S. e Paixão, J. P. (2003). Problemas de Localização-Distribuição em revisão bibliográfica. Publicação interna. Centro de Investigação Operacional, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Laporte, G. (1988). Locating-routing problems. In *Vehicle Routing: Methods and Studies*, B. L. Golden e A. A Assad, eds., Elsevier Science Publishers B. V., North Holland, pp. 163-197.
- Laporte, G. (1989). A survey of algorithms for locating-routing problems. *Investigación Operativa* 1, 93-123.
- Lawrence, R. M. e Pengilly, P. J. (1969). The number and location of depots required for handling products for distribution retail stores in south-east England. *Operational Research Quarterly* 20, 23-32.
- Madsen, O. B. J. (1981). A survey of methods for solving combined location-routing problems. In *Scientific Management of Transport Systems*, N. K. Jaiswal, ed., North Holland, pp. 194-201.
- Madsen, O. B. J. (1983). Methods for solving combined two-level location-routing problems of realistic dimensions. *European Journal of Operational Research* 12, 295-301.
- Maranzana, F. E. (1964). On the location of supply points to minimize transport costs. *Operational Research Quarterly* 15, 261-270.
- Min, H., Jayaraman, V. e Srivastava, R. (1998). Combined location-routing problems: a synthesis and future research directions. *European Journal of Operational Research* 108, 1-15.