

Resumo

Esta tese considera o problema de posicionamento periódico de figuras irregulares numa placa de dimensões finitas. O posicionamento periódico surge naturalmente em aplicações industriais onde há a necessidade de compatibilizar o aproveitamento das matérias-primas com a eficiência do processo produtivo. Nestes casos justifica-se um posicionamento periódico sempre que, embora elevado o número de figuras a posicionar, seja reduzida a variedade de formas geométricas distintas. Num posicionamento periódico, tal como o nome indica, as figuras são replicadas de uma forma regular ou periódica, conduzindo, em grande parte dos casos, a um melhor aproveitamento da matéria-prima e a padrões de posicionamento que facilitam o processo automático de corte.

O trabalho realizado pode, em síntese, ser separado em duas partes principais: o caso em que existe apenas uma figura e o caso em que há um grupo de figuras que se pretende replicar numa placa rectangular de dimensões finitas. Em ambas, foi contemplada a possibilidade de as figuras rodarem.

Na primeira parte do trabalho considerou-se o posicionamento periódico de uma única figura dentro de uma placa. Numa fase introdutória mostrou-se que o modelo matemático proposto na literatura, torna impraticável a sua resolução numa perspectiva de optimização, razão pela qual se adoptaram abordagens heurísticas. Foram desenvolvidos três algoritmos que exploram a existência de fronteiras da placa, isto é, que têm em consideração esta limitação física, impossível de ignorar nos problemas reais. No primeiro algoritmo aprofundou-se a pesquisa da orientação apropriada de cada peça, a partir da análise das características geométricas das instâncias a resolver, rodando as peças de um ângulo tal que lhes permita “encostar” melhor às fronteiras da placa quando devidamente rodadas. O segundo algoritmo proposto considera a possibilidade de as peças serem rodadas de um ângulo múltiplo de um valor fixo. No terceiro algoritmo procurou-se explorar o potencial das

novas técnicas de optimização, em particular da meta-heurística ILS.

Na segunda parte do trabalho considerou-se o posicionamento periódico de múltiplas réplicas de um grupo de figuras. Foram adoptadas duas abordagens sequenciais distintas: na primeira, a placa rectangular é dividida em rectângulos idênticos e estes preenchidos da melhor forma com as figuras constituintes do grupo. Ou seja, inicialmente é determinada uma forma rectangular para o grupo que, quando replicada, aproveita totalmente a placa. Na segunda abordagem, o problema é separado em dois sub-problemas, i.e., o grupo é gerado sem uma forma específica e posteriormente replicado. Foram desenvolvidos algoritmos para encontrar a melhor orientação de cada figura, a ordem pela qual devem ser seleccionadas para serem posicionadas dentro do grupo e finalmente, o melhor local de posicionamento dentro do grupo. O grupo é depois replicado por recurso aos algoritmos de posicionamento periódico de uma única figura desenvolvidos na primeira parte deste trabalho.

As experiências computacionais realizadas demonstraram as potencialidades das abordagens apresentadas neste trabalho. Relativamente à primeira parte, foram utilizadas instâncias de problemas descritas em artigos da área encontrados na literatura e foram criadas novas instâncias baseadas em instâncias existentes na biblioteca de problemas de posicionamento de figuras irregulares, disponível no site do Grupo Europeu de Interesse em Problemas de Posicionamento [ESICUP]. Os resultados obtidos através das abordagens propostas ultrapassaram os resultados publicados.

Para a segunda parte, não havendo resultados publicados para possível comparação, foram criadas novas instâncias baseadas na mesma biblioteca, ficando os resultados disponíveis para futuras comparações.

Abstract

This thesis considers the Lattice Packing Problem in a limited sheet. Some industries frequently need to cut big quantities of a few different types of pieces. In these situations, the regular packing of the pieces proved to be a very competitive approach. The main advantage of a lattice packing is that not only good cutting patterns with very small waste are build but also the automatic cutting process becomes easier.

The work carried out can, in synthesis, be divided into two main parts: the case where only one shape exists and the case where a group of shapes is intended to be replicated on a rectangular plate of fixed dimensions, therefore a finite plate. In both cases, rotations are allowed.

In the first part of this work it is considered the lattice of a single shape on a plate. In an introductory phase it is shown that the mathematical model resolution is impracticable from an optimisation point of view, which motivated the use of heuristic approaches. Three algorithms that explore the existence of borders on the plate have been developed, which deal with this physical limitation, impossible to ignore in real problems. In the first algorithm, we have invested on the search of an appropriate orientation for the parts, from the analysis of the geometric characteristics of the instances, that leads to a better positioning against the borders. In the second algorithm multiples of a fixed rotation angle were considered. In the third algorithm we have tried to explore the potential of new optimisation techniques, in particular of the ILS meta-heuristic.

In the second part of the work we have tackled the periodic positioning of a group of shapes. Two distinct approaches have been adopted: in the first one, the rectangular plate is divided into identical rectangles and these filled with all the shapes of the group. This approach deals with the problem of positioning the group of shapes in a simultaneous way. In the second approach, the problem is solved in a sequential way, as the group is firstly

formed and secondly positioned, in a lattice way. Algorithms have been developed to find the best orientation for each part, the order by which the next part must be chosen to be joined to the rest of the group and, finally, the best point to position it inside the group. The group is then placed by using the algorithms proposed in the first part of this work.

Computational experiments demonstrated the potentialities of the approaches presented in this work. In what concerns the first part, instances of problems described in literature have been used, and our results have outperformed published results. Also new instances have been created, based on instances from the library of Irregular Packing Problems, available at the site of *EURO Special Interest Group on Cutting and Packing* [ESICUP]. For the second part, as there are no published results to compare against, our own instances' results are presented for future comparisons.