

## **Influência do resfriamento térmico na resistência a tração do aço SAE 1020**

**Jhefferson Vital Gomes** <sup>1</sup>

**Daniel Fernando da Silva** <sup>2</sup>

**Resumo:** As características mecânicas dos aços vêm sendo estudadas por muitos anos, e uma das características mais exigidas em aços é a resistência mecânica do mesmo, para isso, vários testes em laboratórios com corpos de provas vêm sendo realizados para obter os melhores resultados. Esses resultados dependem diretamente do tratamento térmico realizado após sua fabricação, pois o tratamento térmico em um aço a certa temperatura e a forma com que ele é resfriado terá uma influência na sua resistência mecânica. O presente trabalho tem como objetivo analisar através de teste de tração a resistência do aço SAE 1020 sem tratamento térmico e tratado termicamente com diferentes tipos de resfriamento. Os ensaios de tração comprovaram que os diferentes tipos de resfriamentos após o tratamento térmico interferem sim na resistência à tração do material, podendo fazer com que o material aumente sua resistência à tração e diminua à taxa de deformação, tornando o material menos dúctil. Conclui-se que para um projeto que necessita de um material mais resistente, precisa-se fazer um tratamento térmico e resfria-lo à água.

**Palavras-chave:** deformação, dúctil, teste de tração, tratamento térmico.

### **Influence of thermal cooling in the steel tensile strength SAE 1020**

**Abstract:** The mechanical characteristics of steels have been studied for many years, and one of the characteristics required in the mechanical strength steels is the same for this, various tests in the laboratory with test bodies are being made for best results. These results depend directly on the heat treatment performed after its manufacture, for the heat treatment of a steel the right temperature and the way it is cold will have an influence on its mechanical strength. This study aims to analyze through tensile test the SAE 1020 steel's resistance without heat treatment and heat-treated with different types of cooling. Tensile tests showed that the different types of colds after heat treatment interfere but in the tensile strength of the material and can cause the material to increase its tensile strength and decrease the strain rate, making it less ductile material. We conclude that for a project that needs a tougher stuff, we need to do a heat treatment and cools it to water.

**Keywords:** deformation, ductile, tensile testing, heat treatment.

## **1. INTRODUÇÃO**

Dentro dos materiais Utilizados em engenharia, os aços têm grande importância no dimensionamento de construção de estruturas metálicas e também é um

<sup>1</sup> Aluno do curso de graduação *Lato sensu* em engenharia mecânica

<sup>2</sup> Professor da Universidade de Rio Verde - Orientador

dos materiais mais utilizados na engenharia mecânica, dentre eles o aço SAE 1020, é um aço comercial muito utilizado, onde o mesmo é submetido a vários tipos de esforço, para isso, houve-se a necessidade de se fazer o controle de qualidade, a qual pode - se destacar o tratamento térmico e a forma de resfriamento do aço como fatores determinantes do aumento da resistência mecânica do material.

De acordo com Chiaverini (1982) o tratamento térmico tem como objetivo alterar as propriedades dos aços através de operações de aquecimento e resfriamento, sob condições controladas de temperatura, tempo (de permanência em determinada temperatura), atmosfera do recinto.

Para determinar a resistência de um material qualquer, neste caso particular o aço, tem -se que fazer os ensaios mecânicos, dentre eles o ensaio de tração, que poderá servir como teste para determinar a resistência mecânica.

Para Garcia (2012), o ensaio de tração consiste na aplicação de carga de tração uniaxial crescente em um corpo de prova específico até a ruptura.

Dentro destas definições, tratamento térmico e ensaio de tração, o presente trabalho tem como objetivo analisar e comparar a resistência mecânica de um aço comercial, no caso o aço SAE 1020, sem tratamento térmico, ou seja, como ele sai diretamente de fábrica e é vendido, e com tratamento térmico com diferentes tipos de resfriamento, e avaliar esses resultados.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi realizado no laboratório da faculdade de Engenharia Mecânica da UNIRV – Universidade de Rio Verde, localizado na Fazenda Fontes do Saber.

O estudo de resistência do aço comercial SAE 1020 foi dividido em duas etapas, sendo a primeira o tratamento térmico com resfriamento ao ar livre, água e óleo, e a segunda parte foi feito ensaio de tração para obtenção dos resultados.

O material usado nesse estudo foi uma barra chata com as dimensões (3.125 x 2000 x 16) mm. A barra foi dividida em oito corpos de prova, para ensaios de tração em barras de aço com espessura abaixo de 4 mm, o comprimento de medida original do corpo de prova deve ser de 250 mm (Figura 1), segundo a norma ABNT NBR ISO 6892-1 (2002).



Fonte: Próprio autor (2015)  
Figura 1 – Corpos de prova.

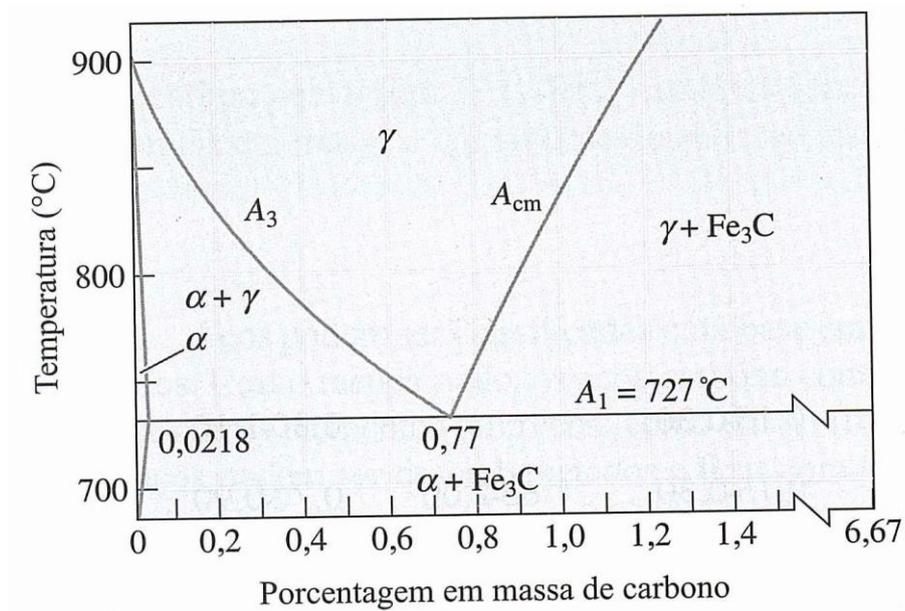
Os corpos de prova foram aquecidos utilizando um forno por resistência elétrica, que se encontra no laboratório de processos de fabricação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde - UNIRV (Figura 2).



Fonte: Próprio autor (2015)  
Figura 2 – Forno por resistência elétrica.

Como o aço utilizado é de 0,2 % de massa de carbono, o forno tem que atingir

a temperatura de 900°C, que é o ponto de transformação da ferrita para austenita pura como é apresentado na (Figura 3), com objetivo de aumentar a resistência mecânica do aço, de acordo com Askeland (2014).



Fonte: Askeland -Ciência e engenharia dos materiais (2014)  
Figura 3 – Diagrama de fases Fe-Fe<sub>3</sub>C.

Foi programado o forno de resistência elétrica para a temperatura de 900 °C (Figura 4).



Fonte: Próprio autor (2015)  
Figura 4 – Display analógico de temperatura.

Dois corpos de prova foram separados para ser feito a normalização, que é o aquecimento do aço acima da zona crítica, ou seja, acima de 750 °C, para cada 10 mm de espessura o aço deve ser mantido aquecido por 15 minutos, a barra de aço analisada possui espessura de 3.125 mm sendo necessário permanecer por 4 minutos e 6 segundos para que seja 100 % austenita e resfriado a exposição do ar (Figura 5).



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 5 – Corpo de prova para ser realizado a normalização.

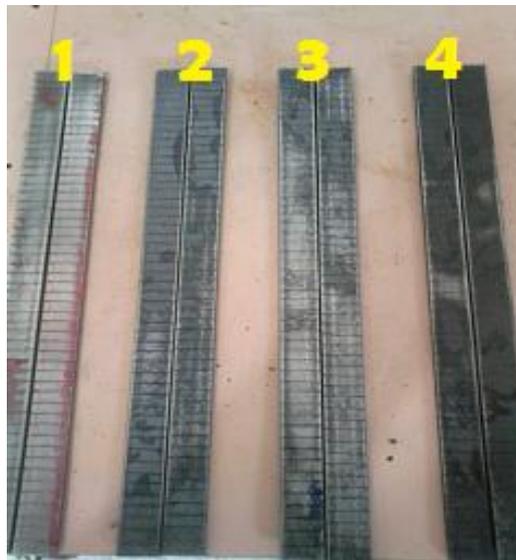
Outro método de tratamento térmico utilizado foi à têmpera, que consiste em aquecer o metal há 900 °C, por 4 minutos e 6 segundos devido a sua espessura e resfriá-lo em água ou óleo em temperatura ambiente, com o intuito de que haja a transformação da austenita em martensita, uma estrutura dura e frágil (Figura 6).



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 6 – Corpo de prova para ser realizado a têmpera.

A (Figura 7) é apresentado os corpos de provas sem tratamento térmico e com tratamento térmico para serem feitos os ensaios de tração.



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 7 – Corpos de prova para ser realizado o ensaio de tração.

Os corpos de prova foram enumerados da seguinte forma:

1. corpo de prova aço SAE 1020 sem tratamento térmico;
2. corpo de prova aço SAE 1020 com tratamento térmico resfriado ao ar;
3. corpo de prova aço SAE 1020 com tratamento térmico resfriado em água;

4. corpo de prova aço SAE 1020 com tratamento térmico resfriado em óleo.

Feito o tratamento, esses corpos de prova foram levados à máquina de tração juntamente com os outros dois corpos de prova que não passaram pelo processo de tratamento térmico.

Todos os corpos de prova foram ensaiados numa máquina de ensaio de tração universal BME-20 kN que se encontra no laboratório de ensaios de materiais da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde – UNIRV (Figura 8).



Fonte: Próprio autor (2015)

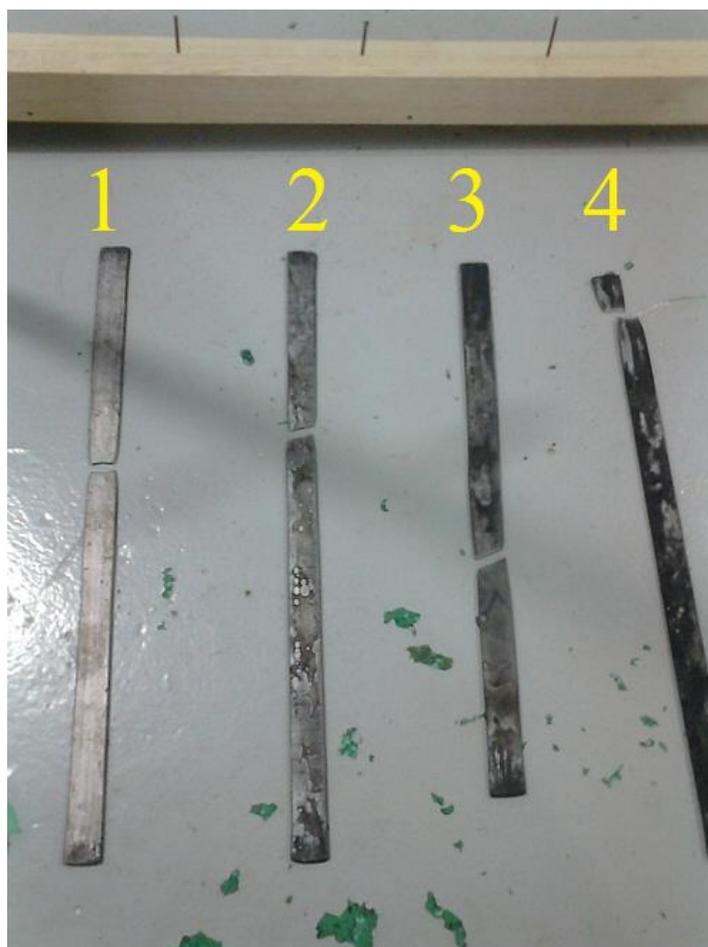
Figura 7 – Máquina universal de ensaio de tração.

Feitos os ensaios de tração, realizou – se uma análise dos resultados gerados pelo programa da máquina.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados gerados foram analisados da seguinte forma, primeiramente

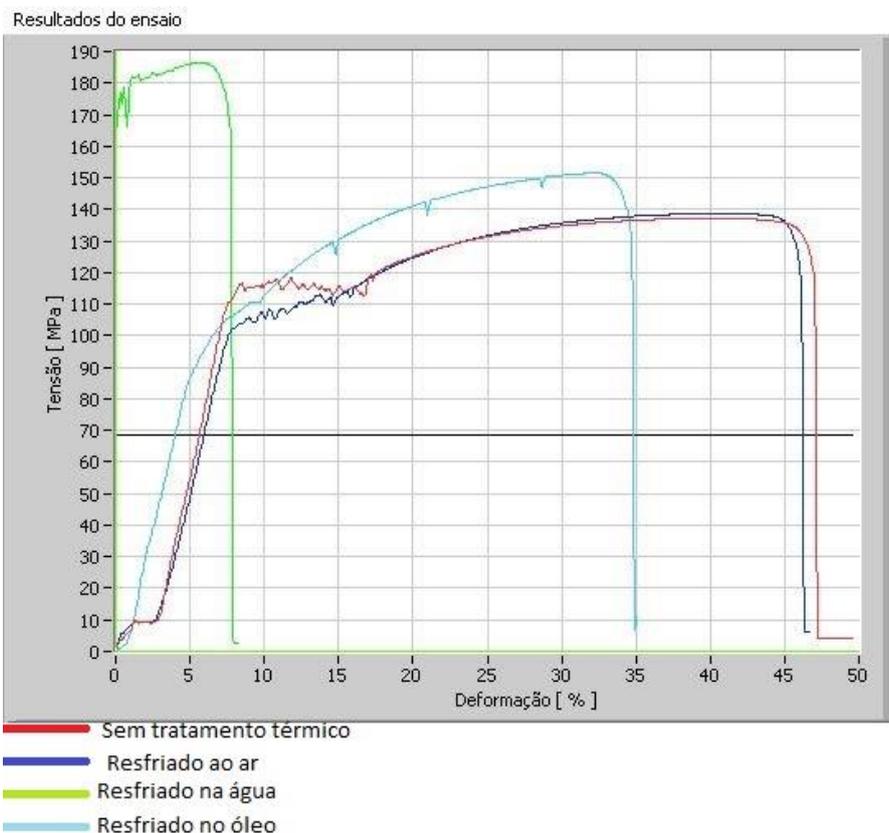
avaliou-se os corpos de provas sem tratamento térmico, juntamente com os corpos de prova tratados termicamente, seguindo a sequência da esquerda para a direita, (Figura 9) tem-se, primeiro corpo de prova sem tratamento térmico (1), o segundo com tratamento térmico de normalização (2), o terceiro tratado termicamente resfriado na água (3) e o quarto corpo de prova temperado em óleo (4).



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 9 – Primeiro ensaio de tração.

Nesta primeira etapa foi feito para cada tipo de corpo de prova um ensaio de tração, obtendo os seguintes resultados, como apresentado na (Figura 10).



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 10 – Tensão x Deformação primeiro ensaio de tração.

Analisando o gráfico notasse que o aço sem tratamento térmico teve um comportamento elástico e plástico quais igual ao aço normalizado, devido ao processo de fabricação que a barra chata é submetida que é laminado a quente, basicamente foi realizado uma segunda normalização, por isso desse comportamento.

O aço tratado termicamente e resfriado na água obteve um elevado aumento na resistência a tração, conseqüentemente pelo maior refinamento de grão deixando-o mais resistente porem mais frágil, se rompendo facilmente.

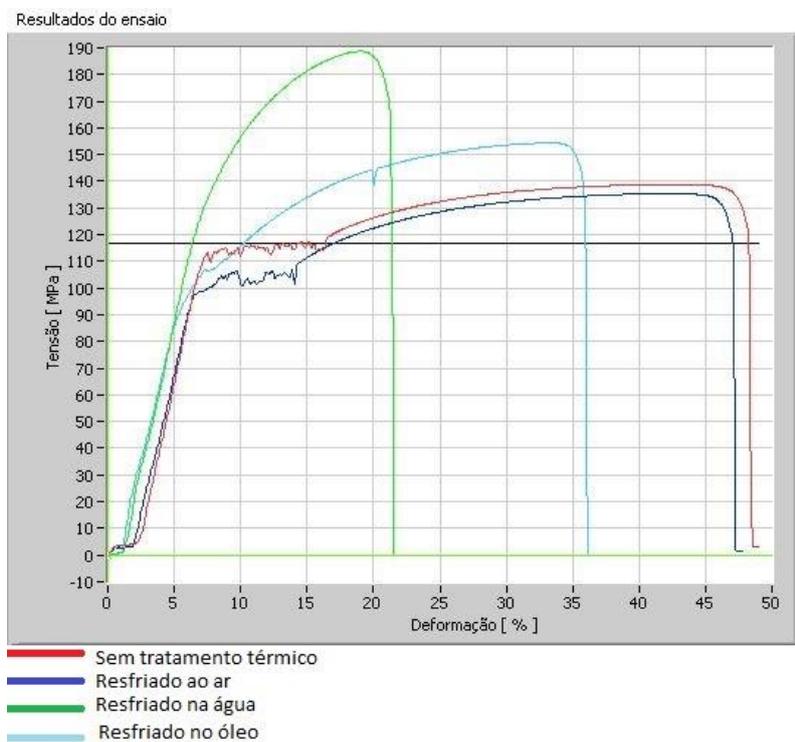
O aço temperado e resfriado no óleo obteve aumento na sua resistência a tensão, em relação ao aço resfriado na água mostrou-se ser mais tenaz, suportando uma deformação maior até a sua ruptura.

Na segunda etapa do ensaio de tração foi repetido os ensaios nas mesmas condições da primeira etapa para se obter a réplica (Figura 11).



Fonte: Próprio autor (2015)  
 Figura 11 – Contraprova ensaio de tração.

O ensaio de tração realizado na réplica gerou os seguintes dados (Figura 12).



Fonte: Próprio autor (2015)  
 Figura 12 – Tensão x Deformação réplica ensaio de tração.

Na réplica comprovou-se que o aço sem tratamento térmico e o que foi feito uma normalização teve uma fase elástica e plástica quais iguais, sendo duas opções para uma mesma aplicação.

O aço temperado e resfriado na água obteve-se novamente a maior resistência a tensão que os demais, na réplica suportou uma maior deformação em relação ao primeiro ensaio, mais mesmo assim obteve uma fase plástica menor que os outros materiais.

A réplica do aço tratado termicamente e resfriado no óleo teve comportamento mecânico igual ao primeiro ensaio, resultados medianos dentre os outros materiais, comparando-o ao temperado e resfriado na água, suportou-se uma maior tensão a deformação, e com os materiais sem tratamento térmico e normalizado nota-se que resistiu a uma maior tensão elástica

Para uma melhor interpretação dos gráficos, pode-se analisar na Tabela 1 os seguintes resultados obtidos para a força máxima que os corpos de prova foram submetidos até a sua ruptura.

Tabela 1 – Máximo de força

Tipo de tratamento	1º Ensaio de tração máximo-força (KN)	Réplica máximo-força (KN)
Sem tratamento térmico	17,142	17,351
Resfriado ao ar	17,334	16,922
Resfriado na água	23,304	23,589
Resfriado no óleo	18,930	19,297

Fonte: Próprio autor (2015)

Pode-se observar que o corpo de prova que mais exigiu força no limite resistente à tração foi o resfriado na água e o de menor força no limite de resistência a tração foi o sem tratamento térmico, o que já era esperado, pois sabe-se que o tratamento térmico aumenta a resistência do material a tração pelo refinamento maior dos grãos.

O software da máquina também gerou as máximas tensão que cada corpo de prova suportou até a sua ruptura Tabela 2.

Tabela 2 – Máximo de tensão

Tipo de tratamento	1º Ensaio de tração máximo-tensão (Mpa)	Réplica máximo-tensão (Mpa)
Sem tratamento térmico	137,136	138,808
Resfriado ao ar	138,672	135,376
Resfriado na água	186,432	188,712
Resfriado no óleo	152,440	154,376

Fonte: Próprio autor (2015)

Novamente o resfriado em água obteve uma maior tensão máxima do corpo de prova, mostrando que pode ser uma alternativa para projetos em que são exigidas maiores forças de tração.

O aço tratado termicamente e resfriado no óleo mostrou-se ser uma opção para projetos que necessita tanto de resistência a tração como a deformação, pelo seu comportamento mediando dentre os demais matérias.

Tanto o aço sem tratamento térmico e o que passou por um processo de normalização mostrou-se ser a melhor opção para projetos que dependem de materiais que suportam uma grande deformação plástica.

O aço SAE 1020 tratado termicamente e resfriado ao ar obteve menor resistência a tensão no teste, não podendo ser utilizado para projetos que exigem forças de tração atuando sobre a peça constantemente.

Para uma melhor compreensão dos resultados, foi realizado o ensaio de dureza, utilizando a máquina de ensaio de dureza que se encontra no laboratório de ensaios de materiais da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde – UNIRV (Figura 13) Tabela 3.



Fonte: Próprio autor (2015)  
 Figura 13 – Máquina ensaio de dureza

Tabela 3 – Ensaio de dureza

Sem tratamento	Resfriado ao ar	Resfriado na água	Resfriado no óleo
87 Rockwell B	90 Rockwell B	94,5 Rockwell B	93 Rockwell B
86,5 Rockwell B	91 Rockwell B	99 Rockwell B	93 Rockwell B

Fonte: Próprio autor (2015)

Neste ensaio mostrou-se que houve um aumento na dureza com diferentes tipos de resfriamento, nota-se que não houve uma grande mudança, isso devesse por causa do aço ser de baixo teor de carbono, conclui-se que não houve formação de martensita, formou-se apenas perlita fina, aumentou a resistência devido a um refinamento maior do grão.

#### 4. CONCLUSÕES

O tipo de resfriamento influencia bastante na resistência mecânica do aço tratado termicamente, há uma grande diferença tanto na sua resistência à tração como na sua deformação.

O corpo de prova sem tratamento térmico mostrou ter uma alta ductilidade, nos dois ensaios realizados foi o material que sofreu maior deformação até a sua ruptura.

O aço normalizado, teve um comportamento mecânico que se equipara ao sem tratamento térmico, mostrando ser pouco menos resistente à tração e com menor deformação que no aço sem tratamento.

O ensaio realizado no corpo de prova resfriado na água após o tratamento térmico, teve resultado bem significativo em comparação aos demais, a sua resistência à tração é bem superior enquanto sua deformação plástica até a ruptura foi a mais baixa.

Por fim o comportamento mecânico do aço tratado termicamente e resfriado no óleo obteve resultados medianos em relação aos outros ensaios, em comparação ao resfriado à água teve menor resistência à tração só que uma maior deformação, pelo fato do material resfriar mais lentamente que comparado a água, comparando com o corpo de prova sem tratamento térmico e normalizado, sua resistência à tração é maior, mas em relação à deformação ele se mostrou menos dúctil, por haver um refinamento maior do grão do mesmo.

Portanto, pode-se concluir que o tipo de tratamento e resfriamento térmico interferir diretamente na resistência mecânica do material.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR ISO 6892-1 (2002). Disponível em <  
<http://docslide.com.br/documents/nbr-6892-2002-materiais-metalicos-ensaio-de-tracao-a-temperatura-ambiente.html>> Acesso em 19/10/2015.

ASKELAND, Donald R. "**Ciência e Engenharia dos Materiais**"/Donald R. Askeland, Wendelin J. Wright; elaboração da versão SI D. K. Bhattacharya; tradução Solange Aparecida Visconti; revisão técnica Daniel Rodrigo Leiva. – São Paulo: Cengage Learning, 2014.

CHIAVERINI, Vicente. "**Aço e Ferros Fundidos**." *São Paulo: ABM–Associação Brasileira de Metais* (1982): 321-358.

GARCIA, Amauri. "**Ensaio dos Materiais.**" / Amauri Garcia, Jaime Alvares Spim, Carlos Alexandre dos Santos. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. Il: 24 cm.