

# Sobre teorias e teoremas de representação

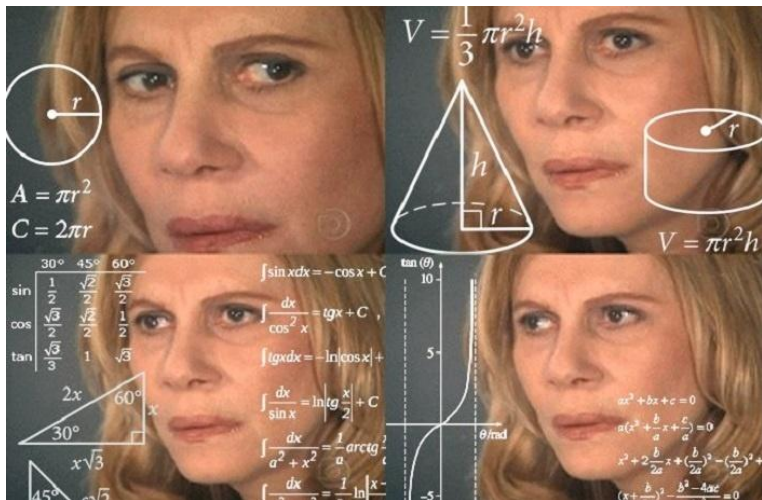
Júlio C. V. Barczyszyn

Universidade Federal de Santa Catarina

6 de setembro, 2024

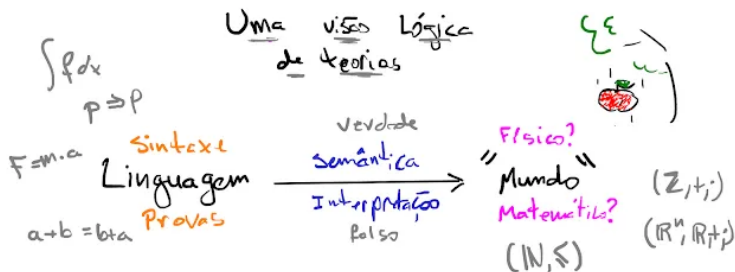
Apresentação para a disciplina **Seminários I** (MTM3581) no semestre 2024-2

O que são teorias *matemáticas*? Aliás, o que são *teorias*?



- 1 Motivação: “Mundo” vs. “Teoria(s)”
- 2 Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”
- 3 Teorema de Representação de Stone

# Motivação: "Mundo" vs. "Teoria(s)"



# Primeiro, uma anedota

- Vamos imaginar o seguinte cenário...

# Primeiro, uma anedota

- Vamos imaginar o seguinte cenário...
- Um *jovem* pesquisador acredita que Matemática é só *uma linguagem*

# Primeiro, uma anedota

- Vamos imaginar o seguinte cenário...
- Um *jovem* pesquisador acredita que Matemática *é só uma linguagem*
- Um dia, este jovem pesquisador decide criar uma *teoria* (coleção de *sentenças* como “para todo  $a$  e para todo  $b$ ,  $a+b = b+a$ ” e mais algumas outras), pois este jovem anseia muito se tornar um matemático que criou uma *teoria matemática* conhecida!



# Primeiro, uma anedota

- Vamos imaginar o seguinte cenário...
- Um *jovem* pesquisador acredita que Matemática *é só uma linguagem*
- Um dia, este jovem pesquisador decide criar uma *teoria* (coleção de *sentenças* como “para todo  $a$  e para todo  $b$ ,  $a+b = b+a$ ” e mais algumas outras), pois este jovem anseia muito se tornar um matemático que criou uma *teoria matemática* conhecida!
- Feliz com sua nova empreitada, ele se encontra com seu orientador para falar sobre e é pego desprevenido :o

# Primeiro, uma anedota

- Vamos imaginar o seguinte cenário...
- Um *jovem* pesquisador acredita que Matemática *é só uma linguagem*
- Um dia, este jovem pesquisador decide criar uma *teoria* (coleção de *sentenças* como “para todo  $a$  e para todo  $b$ ,  $a+b = b+a$ ” e mais algumas outras), pois este jovem anseia muito se tornar um matemático que criou uma *teoria matemática* conhecida!
- Feliz com sua nova empreitada, ele se encontra com seu orientador para falar sobre e é pego desprevenido :o
- Assim que termina de explicar quais axiomas tinha escolhido, o orientador lhe pergunta a única pergunta possível:

# Primeiro, uma anedota

- Vamos imaginar o seguinte cenário...
- Um *jovem* pesquisador acredita que Matemática é só uma *linguagem*
- Um dia, este jovem pesquisador decide criar uma *teoria* (coleção de *sentenças* como “para todo  $a$  e para todo  $b$ ,  $a+b = b+a$ ” e mais algumas outras), pois este jovem anseia muito se tornar um matemático que criou uma *teoria matemática* conhecida!
- Feliz com sua nova empreitada, ele se encontra com seu orientador para falar sobre e é pego desprevenido :o
- Assim que termina de explicar quais axiomas tinha escolhido, o orientador lhe pergunta a única pergunta possível:
- Quais *criaturas* se comportam de acordo com essa axiomática?

# Primeiro, uma anedota

- Vamos imaginar o seguinte cenário...
- Um *jovem* pesquisador acredita que Matemática é só uma *linguagem*
- Um dia, este jovem pesquisador decide criar uma *teoria* (coleção de *sentenças* como “para todo  $a$  e para todo  $b$ ,  $a+b = b+a$ ” e mais algumas outras), pois este jovem anseia muito se tornar um matemático que criou uma *teoria matemática* conhecida!
- Feliz com sua nova empreitada, ele se encontra com seu orientador para falar sobre e é pego desprevenido :o
- Assim que termina de explicar quais axiomas tinha escolhido, o orientador lhe pergunta a única pergunta possível:
- Quais *criaturas* se comportam de acordo com essa axiomática?
- Ele fica em choque! Vai para casa encucado. Uma série de perguntas agora o assombram: como assim quais criaturas? Matemática não era só uma linguagem? Quem disse que preciso me preocupar com o “mundo” e “quais criaturas habitam nele”?

O que *são* os números naturais?

- Axiomas vs. Modelos (estruturas que satisfazem axiomas)

# Dando nome aos bois

- Axiomas vs. Modelos (estruturas que satisfazem axiomas)
- Os matemáticos às vezes chamam modelos de *exemplos*:  
    “( $\mathbb{R}^2, +, \cdot$ ) é um exemplo de espaço vetorial!”
- Modelos vs. Realidade

- Axiomas vs. Modelos (estruturas que satisfazem axiomas)
- Os matemáticos às vezes chamam modelos de *exemplos*:  
    “( $\mathbb{R}^2$ , +,  $\cdot$ ) é um exemplo de espaço vetorial!”
- Modelos vs. Realidade
- Certamente *as coisas das quais falamos* não são os axiomas que usamos para falar delas!



- Axiomas vs. Modelos (estruturas que satisfazem axiomas)
- Os matemáticos às vezes chamam modelos de *exemplos*:  
    “( $\mathbb{R}^2$ , +,  $\cdot$ ) é um exemplo de espaço vetorial!”
- Modelos vs. Realidade
- Certamente *as coisas das quais falamos* não são os axiomas que usamos para falar delas!
- Então o que são os números naturais?

- Axiomas vs. Modelos (estruturas que satisfazem axiomas)
- Os matemáticos às vezes chamam modelos de *exemplos*:  
    “( $\mathbb{R}^2, +, \cdot$ ) é um exemplo de espaço vetorial!”
- Modelos vs. Realidade
- Certamente *as coisas das quais falamos* não são os axiomas que usamos para falar delas!
- Então o que são os números naturais?
- Um conjunto? Um monoide? Nada disso?

- Axiomas vs. Modelos (estruturas que satisfazem axiomas)
- Os matemáticos às vezes chamam modelos de *exemplos*:  
    “(  $\mathbb{R}^2$ , +,  $\cdot$  ) é um exemplo de espaço vetorial!”
- Modelos vs. Realidade
- Certamente *as coisas das quais falamos* não são os axiomas que usamos para falar delas!
- Então o que são os números naturais?
- Um conjunto? Um monoide? Nada disso?
- Inclui o zero? O que é o zero?

- Essa questão pode parecer irrespondível, mas isso **não a torna inútil**

## Sobre a *utilidade* de estudos fundacionais

- Essa questão pode parecer irrespondível, mas isso **não a torna inútil**
- Ao entendermos a dificuldade em responder tal questão, entendemos a pertinência do **método axiomático** pra nossa civilização

- Essa questão pode parecer irrespondível, mas isso **não a torna inútil**
- Ao entendermos a dificuldade em responder tal questão, entendemos a pertinência do **método axiomático** pra nossa civilização
- Nos séculos XIX e XX, a comunidade matemática começa a perceber que não tinha *certas* respostas sobre a existência de *certos* objetos

- Essa questão pode parecer irrespondível, mas isso **não a torna inútil**
- Ao entendermos a dificuldade em responder tal questão, entendemos a pertinência do **método axiomático** pra nossa civilização
- Nos séculos XIX e XX, a comunidade matemática começa a perceber que não tinha *certas* respostas sobre a existência de *certos* objetos
- Essa percepção passa pelo surgimento da Teoria de Conjuntos, etc.

- Essa questão pode parecer irrespondível, mas isso **não a torna inútil**
- Ao entendermos a dificuldade em responder tal questão, entendemos a pertinência do **método axiomático** pra nossa civilização
- Nos séculos XIX e XX, a comunidade matemática começa a perceber que não tinha *certas* respostas sobre a existência de *certos* objetos
- Essa percepção passa pelo surgimento da Teoria de Conjuntos, etc.
- Muitas pessoas se dedicaram aos fundamentos da Aritmética, mas os axiomas “dos números naturais” leva o nome de Peano: os

### Axiomas de Peano



# Axiomas de Peano: teoria *dos* números naturais?

- Há muitas maneiras de apresentar os Axiomas de Peano

# Axiomas de Peano: teoria *dos* números naturais?

- Há muitas maneiras de apresentar os Axiomas de Peano
- Faremos uma apresentação intuitiva deles

# Axiomas de Peano: teoria *dos* números naturais?

- Há muitas maneiras de apresentar os Axiomas de Peano
- Faremos uma apresentação intuitiva deles
- Que *ingredientes* constituem os números naturais?
  - Há um *primeiro número*.

# Axiomas de Peano: teoria *dos* números naturais?

- Há muitas maneiras de apresentar os Axiomas de Peano
- Faremos uma apresentação intuitiva deles
- Que *ingredientes* constituem os números naturais?
  - Há um *primeiro número*.
  - Há uma função *sucessor*  $n \mapsto n + 1$  ( $n$  é dito antecessor de  $n + 1$ ).
  - Enfatizando, esse primeiro elemento não tem antecessor.

# Axiomas de Peano: teoria *dos* números naturais?

- Há muitas maneiras de apresentar os Axiomas de Peano
- Faremos uma apresentação intuitiva deles
- Que *ingredientes* constituem os números naturais?
  - Há um *primeiro número*.
  - Há uma função *sucessor*  $n \mapsto n + 1$  ( $n$  é dito antecessor de  $n + 1$ ).
  - Enfatizando, esse primeiro elemento não tem antecessor.
  - Dois números com mesmo sucessor são iguais.

# Axiomas de Peano: teoria dos números naturais?

- Há muitas maneiras de apresentar os Axiomas de Peano
- Faremos uma apresentação intuitiva deles
- Que *ingredientes* constituem os números naturais?
  - Há um *primeiro número*.
  - Há uma função *sucessor*  $n \mapsto n + 1$  ( $n$  é dito antecessor de  $n + 1$ ).
  - Enfatizando, esse primeiro elemento não tem antecessor.
  - Dois números com mesmo sucessor são iguais.
  - Se o primeiro elemento satisfaz uma propriedade, e todo número após ele satisfaz também, então todos os números naturais satisfazem essa propriedade. Este é o Princípio de Indução Matemática.
- Mas peraí... e a pergunta do orientador?
- A resposta vem com Dedekind, von Neumann e companhia

- O *fazer teórico* parece com algo, esquematicamente, assim:

- O *fazer teórico* parece com algo, esquematicamente, assim:
- Primeiro, temos um domínio de estudo pretendido



- O *fazer teórico* parece com algo, esquematicamente, assim:
- Primeiro, temos um domínio de estudo pretendido
- É difícil dizer *o que é* precisamente, pois se soubéssemos, não precisaríamos de uma *teoria* pra começo de conversa!



- O *fazer teórico* parece com algo, esquematicamente, assim:
- Primeiro, temos um domínio de estudo pretendido
- É difícil dizer *o que é* precisamente, pois se soubéssemos, não precisaríamos de uma *teoria* pra começo de conversa!
- Anotamos uma lista “pequena” de sentenças sobre: os axiomas

- O *fazer teórico* parece com algo, esquematicamente, assim:
- Primeiro, temos um domínio de estudo pretendido
- É difícil dizer *o que é* precisamente, pois se soubéssemos, não precisaríamos de uma *teoria* pra começo de conversa!
- Anotamos uma lista “pequena” de sentenças sobre: os axiomas
- Este passo não é nada direto. É preciso muito trabalho até entendermos quais deveriam ser as sentenças que importam

- O *fazer teórico* parece com algo, esquematicamente, assim:
- Primeiro, temos um domínio de estudo pretendido
- É difícil dizer *o que é* precisamente, pois se soubéssemos, não precisaríamos de uma *teoria* pra começo de conversa!
- Anotamos uma lista “pequena” de sentenças sobre: os axiomas
- Este passo não é nada direto. É preciso muito trabalho até entendermos quais deveriam ser as sentenças que importam
- Aceitamos um tipo de fundamento matemático

- O *fazer teórico* parece com algo, esquematicamente, assim:
- Primeiro, temos um domínio de estudo pretendido
- É difícil dizer *o que é* precisamente, pois se soubéssemos, não precisaríamos de uma *teoria* pra começo de conversa!
- Anotamos uma lista “pequena” de sentenças sobre: os axiomas
- Este passo não é nada direto. É preciso muito trabalho até entendermos quais deveriam ser as sentenças que importam
- Aceitamos um tipo de fundamento matemático
- Neste fundamento, que dá a *ontologia matemática*, procuramos objetos, coisas, estruturas, que satisfazem a lista

# Visualizando com bolos :p

| "teoria"   | "modelos"   | "domínios"   |
|--|---|--|
| receita<br> | conjuntos<br>$(B, I)$<br>$(B', I')$<br>$(B'', I'')$ |  |

## E como ficam os estudos *puramente* matemáticos?

- Modelos *de uma teoria* são estruturas (conjuntistas) que satisfazem os axiomas dessa teoria, certo?

## E como ficam os estudos *puramente* matemáticos?



- Modelos *de uma teoria* são estruturas (conjuntistas) que satisfazem os axiomas dessa teoria, certo?
- Porém, é possível nos depararmos com estruturas sem que seja necessário ou apropriado chamar de “modelo” de alguma teoria



## E como ficam os estudos *puramente* matemáticos?

- Modelos *de uma teoria* são estruturas (conjuntistas) que satisfazem os axiomas dessa teoria, certo?
- Porém, é possível nos depararmos com estruturas sem que seja necessário ou apropriado chamar de “modelo” de alguma teoria
- Por exemplo, eu posso me deparar com  $\mathbb{Z}$  antes de ter uma teoria matemática (e portanto sem ter os modelos dessa teoria) a disposição para tratar de coisas como essa estrutura
- Assim, a “imagem” que temos do *fazer matemático* ficaria algo como:

# Visualizando sem bolos :(

| "teoria"   | "modelos"   | "domínios"   |
|--|---|--|
| axiomas<br> | conjuntos<br>$(\mathbb{R}, +)$<br>$(\mathbb{Q}, +)$<br>$(\mathbb{Q}/\mathbb{Z}, +)$ |  |

- Confeiteiros abstraem de exemplos **concretos** certas receitas e depois outros podem estudar “as consequências dessas receitas”

- Confeiteiros abstraem de exemplos **concretos** certas receitas e depois outros podem estudar “as consequências dessas receitas”
- Biólogos quando falam de características de tigres, em seus livros e artigos, esperam estar listando características de um animal que existe. Ou, pelo menos, de interesse genuíno da comunidade da Biologia

- Confeiteiros abstraem de exemplos **concretos** certas receitas e depois outros podem estudar “as consequências dessas receitas”
- Biólogos quando falam de características de tigres, em seus livros e artigos, esperam estar listando características de um animal que existe. Ou, pelo menos, de interesse genuíno da comunidade da Biologia
- Parece que matemáticos, através da abstração de casos **concretos** (que surgem na pesquisa mais de uma vez, em contextos diferentes, por exemplo), criam teorias **abstratas**, as quais terão como modelos/exemplos também aqueles casos concretos

- Confeiteiros abstraem de exemplos **concretos** certas receitas e depois outros podem estudar “as consequências dessas receitas”
- Biólogos quando falam de características de tigres, em seus livros e artigos, esperam estar listando características de um animal que existe. Ou, pelo menos, de interesse genuíno da comunidade da Biologia
- Parece que matemáticos, através da abstração de casos **concretos** (que surgem na pesquisa mais de uma vez, em contextos diferentes, por exemplo), criam teorias **abstratas**, as quais terão como modelos/exemplos também aqueles casos concretos
- Resumindo tudo isso num bordão: **matemáticas(os) são as(os) biólogas(os) das coisas abstratas**
- Pergunta: como saber quais axiomas escolher?

## Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Consideremos um conjunto, por exemplo,  $X = \mathbb{N}$ .

## Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Consideremos um conjunto, por exemplo,  $X = \mathbb{N}$ .
- Afirmação: poxa, *bijeções* são tão legais, úteis e importantes!



## Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Consideremos um conjunto, por exemplo,  $X = \mathbb{N}$ .
- Afirmação: poxa, *bijeções* são tão legais, úteis e importantes!
- Seja, então,  $S(X)$  o conjunto de todas as bijeções de  $X$  em  $X$ .

# Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Consideremos um conjunto, por exemplo,  $X = \mathbb{N}$ .
- Afirmação: poxa, *bijeções* são tão legais, úteis e importantes!
- Seja, então,  $S(X)$  o conjunto de todas as bijeções de  $X$  em  $X$ .
- Estudando o conjunto  $S(X)$  (com  $\circ$ ), percebemos que

S1. Existe uma função que faz papel de identidade,  $id_X: X \rightarrow X$ .

S2. Toda função tem inversa.

S3. A composição de funções  $\circ$  é associativa.

- Neste caso, há uma estrutura **concreta**,  $(S(X), \circ)$

# Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Consideremos um conjunto, por exemplo,  $X = \mathbb{N}$ .
- Afirmção: poxa, *bijeções* são tão legais, úteis e importantes!
- Seja, então,  $S(X)$  o conjunto de todas as bijeções de  $X$  em  $X$ .
- Estudando o conjunto  $S(X)$  (com  $\circ$ ), percebemos que

S1. Existe uma função que faz papel de identidade,  $id_X: X \rightarrow X$ .

S2. Toda função tem inversa.

S3. A composição de funções  $\circ$  é associativa.

- Neste caso, há uma estrutura **concreta**,  $(S(X), \circ)$
- Aparições: determinantes, matemática discreta, etc.

## Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Poderíamos ter escolhido outro  $X$ ...

## Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Poderíamos ter escolhido outro  $X$ ...
- Seria conveniente estudar os  $S(X)$  tal como *biólogos estudam tigres*

## Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Poderíamos ter escolhido outro  $X$ ...
- Seria conveniente estudar os  $S(X)$  tal como *biólogos estudam tigres*
- Vamos criar uma teoria sobre os  $S(X)$ : a teoria de *grupos*!

# Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Poderíamos ter escolhido outro  $X$ ...
- Seria conveniente estudar os  $S(X)$  tal como *biólogos estudam tigres*
- Vamos criar uma teoria sobre os  $S(X)$ : a teoria de *grupos*!
- Dizemos que  $(G, *)$  é um **grupo** quando

G1. Existe um elemento de  $G$  que faz papel de identidade.

G2. Todo elemento de  $G$  tem inverso segundo  $*$ .

G3. A operação  $*$  é associativa.

- Como  $S(X)$  motivou a teoria, é chamado de *grupo concreto*.

# Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Poderíamos ter escolhido outro  $X$ ...
- Seria conveniente estudar os  $S(X)$  tal como *biólogos estudam tigres*
- Vamos criar uma teoria sobre os  $S(X)$ : a teoria de *grupos*!
- Dizemos que  $(G, *)$  é um **grupo** quando

G1. Existe um elemento de  $G$  que faz papel de identidade.

G2. Todo elemento de  $G$  tem inverso segundo  $*$ .

G3. A operação  $*$  é associativa.

- Como  $S(X)$  motivou a teoria, é chamado de *grupo concreto*.
- Será que G1-G3 “alcança criaturas indesejados”?



# Teoremas de representação: “Concreto” vs. “Abstrato”

- Poderíamos ter escolhido outro  $X$ ...
- Seria conveniente estudar os  $S(X)$  tal como *biólogos estudam tigres*
- Vamos criar uma teoria sobre os  $S(X)$ : a teoria de *grupos*!
- Dizemos que  $(G, *)$  é um **grupo** quando

G1. Existe um elemento de  $G$  que faz papel de identidade.

G2. Todo elemento de  $G$  tem inverso segundo  $*$ .

G3. A operação  $*$  é associativa.

- Como  $S(X)$  motivou a teoria, é chamado de *grupo concreto*.
- Será que G1-G3 “alcança criaturas indesejados”?
- Precisamos de um *teorema de representação*:

## Teorema (Teorema de Representação de Cayley)

*Todo grupo é isomorfo a um subgrupo de  $S(X)$  para algum  $X$ .*

# Teorema de Representação de Stone

- A história é parecida para *álgebras de Boole*.
- Lembremos que um conjunto das partes  $P(X)$  satisfaz

$$Y \cup \emptyset = Y, \quad Y \cap X = Y, \quad Y \cup Y = Y, \quad Y \cap Y = Y,$$

$$(Y \cup Z)^c = Y^c \cap Z^c, \quad (Y \cap Z)^c = Y^c \cup Z^c,$$

$$Y \cup Z = Z \cup Y, \quad Y \cap Z = Z \cap Y,$$

$$(Y \cup Z) \cup W = Y \cup (Z \cup W), \quad (Y \cap Z) \cap W = Y \cap (Z \cap W),$$

$$Y \cup (Z \cap W) = (Y \cup Z) \cap (Y \cup W), \quad Y \cap (Z \cup W) = (Y \cap Z) \cup (Y \cap W),$$

$$Y \cup Y^c = X, \quad Y \cap Y^c = \emptyset,$$

para todos  $Y, Z$  e  $W$  subconjuntos de  $X$ .

# Teorema de Representação de Stone

- A história é parecida para *álgebras de Boole*.
- Lembremos que um conjunto das partes  $P(X)$  satisfaz

$$Y \cup \emptyset = Y, \quad Y \cap X = Y, \quad Y \cup Y = Y, \quad Y \cap Y = Y,$$

$$(Y \cup Z)^c = Y^c \cap Z^c, \quad (Y \cap Z)^c = Y^c \cup Z^c,$$

$$Y \cup Z = Z \cup Y, \quad Y \cap Z = Z \cap Y,$$

$$(Y \cup Z) \cup W = Y \cup (Z \cup W), \quad (Y \cap Z) \cap W = Y \cap (Z \cap W),$$

$$Y \cup (Z \cap W) = (Y \cup Z) \cap (Y \cup W), \quad Y \cap (Z \cup W) = (Y \cap Z) \cup (Y \cap W),$$

$$Y \cup Y^c = X, \quad Y \cap Y^c = \emptyset,$$

para todos  $Y, Z$  e  $W$  subconjuntos de  $X$ .

- A teoria das álgebra de Boole é motivada por  $P(X)$ .
- $P(X)$  são os exemplos concretos dessa teoria.

# Teorema de Representação de Stone

Sejam  $B$  um conjunto,  $\vee, \wedge$  duas operações binárias,  $b \mapsto \neg b$  uma operação unária e  $0, 1 \in B$ . Dizemos que  $(B, \vee, \wedge, \neg, 0, 1)$  é uma **álgebra de Boole** se, para todos  $a, b, c \in B$ , satisfaz:

$$\text{B1. } a \vee 0 = a, \quad (\text{elementos neutros de } \vee \text{ e } \wedge)$$

$$a \wedge 1 = a$$

$$\text{B2. } a \vee a = a, \quad (\text{idempotência de } \vee \text{ e } \wedge)$$

$$a \wedge a = a$$

$$\text{B3. } \neg(a \vee b) = \neg a \wedge \neg b, \quad (\text{Leis de De Morgan})$$

$$\neg(a \wedge b) = \neg a \vee \neg b$$

$$\text{B4. } a \vee b = b \vee a, \quad (\text{comutatividade de } \vee \text{ e } \wedge)$$

$$a \wedge b = b \wedge a$$

# Teorema de Representação de Stone

- B5.  $(a \vee b) \vee c = a \vee (b \vee c),$  (associatividade de  $\vee$  e  $\wedge$ )  
 $(a \wedge b) \wedge c = a \wedge (b \wedge c)$
- B6.  $a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c),$  (distributividade)  
 $a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c)$
- B7.  $a \vee \neg a = 1,$  (Terceiro Excluído)  
 $a \wedge \neg a = 0$

Chamamos  $a \wedge b$  de **ínfimo** de  $a$  e  $b$  e  $a \vee b$  de **supremo** de  $a$  e  $b$ .

# Teorema de Representação de Stone

- B5.  $(a \vee b) \vee c = a \vee (b \vee c),$  (associatividade de  $\vee$  e  $\wedge$ )  
 $(a \wedge b) \wedge c = a \wedge (b \wedge c)$
- B6.  $a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c),$  (distributividade)  
 $a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c)$
- B7.  $a \vee \neg a = 1,$  (Terceiro Excluído)  
 $a \wedge \neg a = 0$

Chamamos  $a \wedge b$  de **ínfimo** de  $a$  e  $b$  e  $a \vee b$  de **supremo** de  $a$  e  $b$ .

## Teorema (Teorema de Representação de Stone)

*Toda álgebra de Boole é isomorfa a uma subálgebra de  $P(X)$  para algum  $X$ .*

# Quem foi Stone?



**Marshall Harvey Stone** (1903-1989) foi um lógico e matemático americano que fez contribuições cruciais para o desenvolvimento da matemática no século XX. Na década de 30, vive seu “período de ouro”. Nessa época, entre outras coisas, estuda a conexão entre álgebras de Boole e Topologia.

Por hoje é só, pessoal!

Obrigado pela atenção.



- [1] KRAUSE, D. **Introdução aos Fundamentos Axiomáticos da Ciência**. EPU, 2002.
- [2] MORTARI, C. A. **Introdução à Lógica**. Unesp, 2001.
- [3] HALVORSON, H. **The Logic in Philosophy of Science**. CUP, 2019.
- [4] FRIGG, R. **Models and Theories**. Routledge, 2022.
- [5] BARCZYSZYN, J. C. V. **Dualidade de Stone**. UFSC, 2023.

⋮