

TÉCNICAS COMPUTACIONAIS PARA O PROBLEMA DE ACOMPANHAMENTO MUSICAL AUTOMATIZADO

Roberto Piassi Passos Bodo

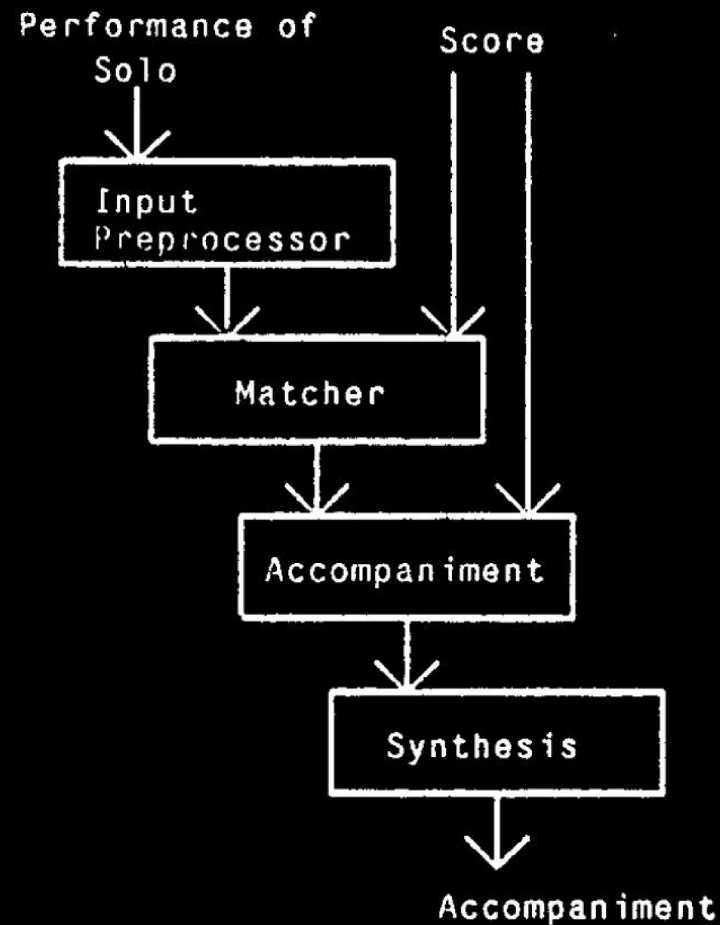
Instituto de Matemática e Estatística
Universidade de São Paulo

23 de Setembro de 2015

ACOMPANHAMENTO MUSICAL AUTOMATIZADO

1. interpretar a entrada do solista em tempo real
2. emparelhar os eventos da entrada com os da partitura original
3. gerar o acompanhamento de acordo com o andamento do músico
4. sintetizar sons relativos a esse acompanhamento

ARQUITETURA



Real-Time Computer Accompaniment of Keyboard Performances

Roger Dannenberg, Joshua Bloch

1985

DANNENBERG_1984

da entrada?

alturas musicais apenas

performance e partitura?

sequência de símbolos

técnica de rastreamento?

procurar a maior subsequência comum

estrutura de dados?

matriz de programação dinâmica

janela em torno da nota esperada

erros tratados?

deleção, adição, substituição

envio de relatos?

quando a subsequência comum é incrementada

DANNENBERG_1984

performance:

		A	G	E	D	G	B	C
score:	A	<u>1</u>	1	1	1	1	1	1
	G	1	<u>2</u>	2	2	2	2	2
	E	1	2	<u>3</u>	3	3	3	3
	G	1	2	3	3	<u>4</u>	4	4
	A	1	2	3	3	4	4	4
	B	1	2	3	3	4	<u>5</u>	5
	C	1	2	3	3	4	5	<u>6</u>

An On-Line Algorithm for Real-Time Accompaniment

Roger Dannenberg

1984

LIPPE_1992

da entrada?

alturas musicais apenas

performance e partitura?

sequência de símbolos

estrutura de dados?

ponteiro para nota esperada

skip list para notas anteriores não casadas

skip number/skip time

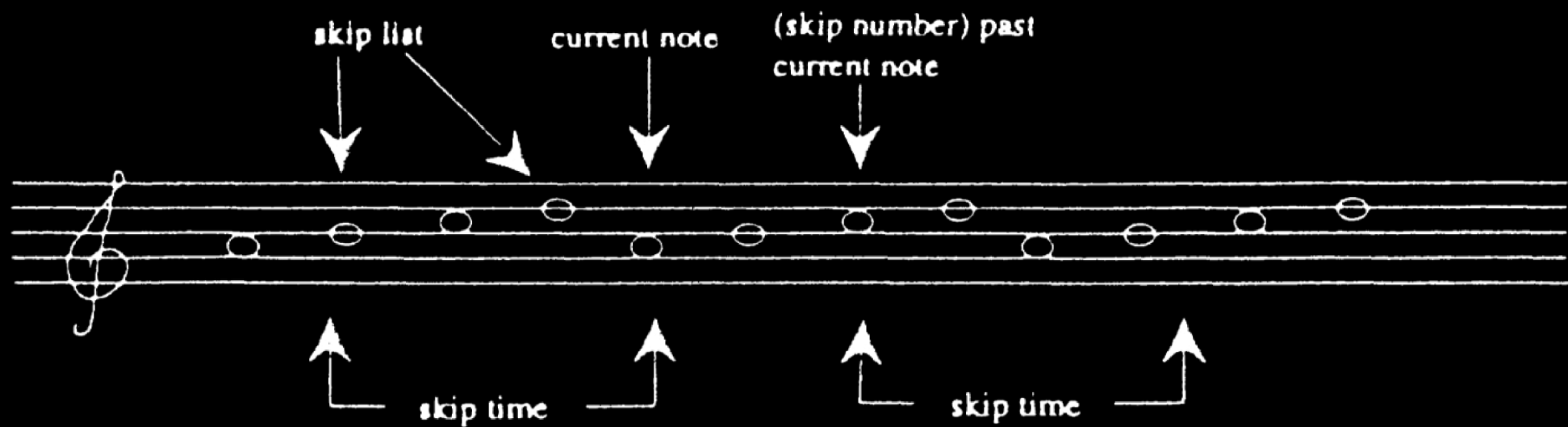
erros tratados?

deleção, adição, substituição

envio de relatos?

quando um casamento é encontrado

LIPPE_1992



VERCOE_1985

da entrada?

alturas musicais/tempos de ataque

como comparar tempos?

estimativa própria do andamento do músico

técnica de rastreamento?

determinar similaridade entre performance e
partitura

medida de similaridade?

cálculo de diversas teorias de pareamento com penalidades

erros tratados?

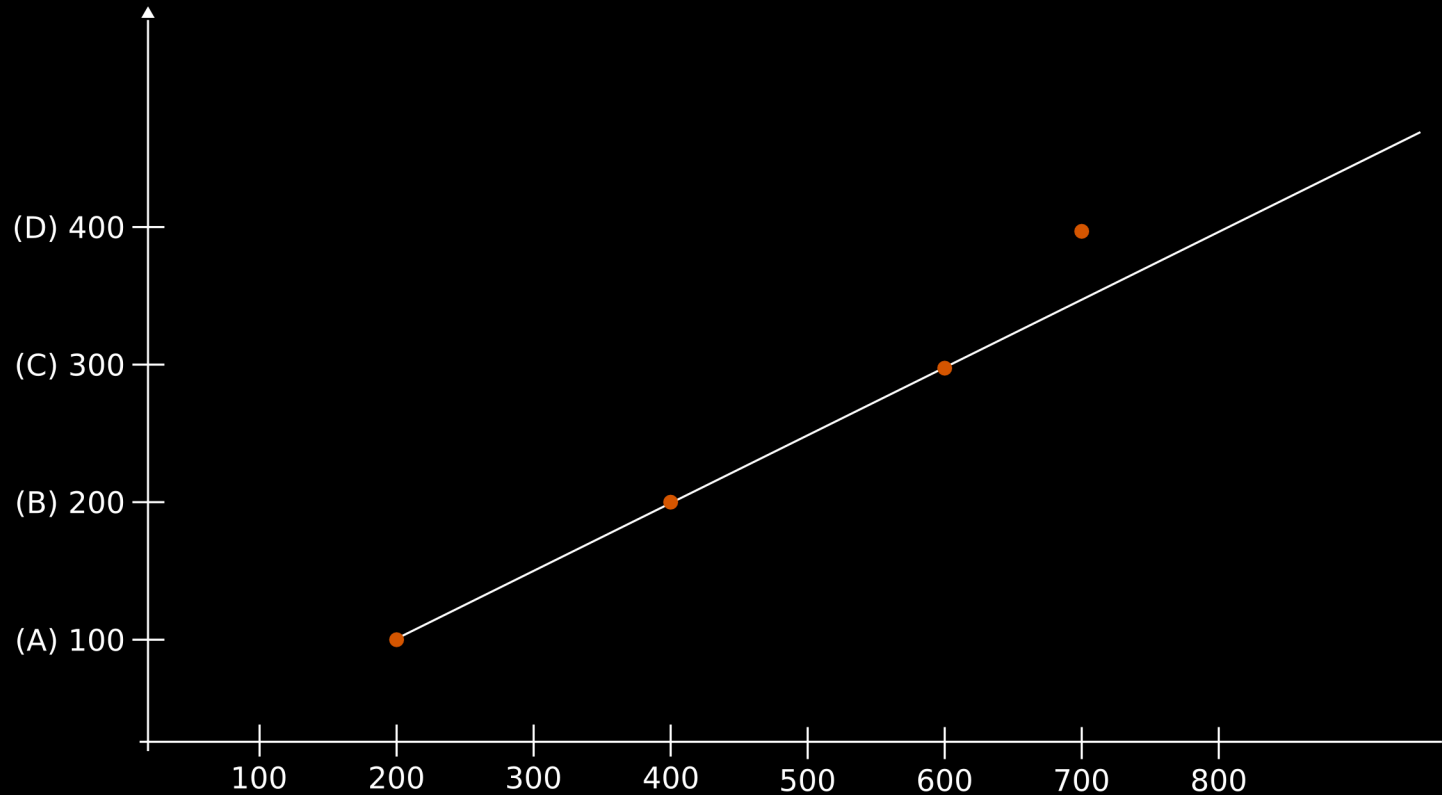
deleção, adição, substituição

antecipação e atraso

envio de relatos?

quando a nota recém chegada é incorporada ao pareamento

VERCOE_1985



Synthetic Rehearsal: Training the Synthetic Performer

Barry Vercoe, Miller Puckette

1985

BAIRD_1985

da entrada?

alturas musicais/tempos de ataque/durações

técnica de rastreamento?

casamento de padrões

comparar padrões?

força bruta em diferentes possibilidades de pareamento

erros tratados?

deleções, adições, substituições

antecipações, atrasos

prolongações, encurtamentos

envio de relatos?

quando um pareamento passar de um limiar

+ relatos internos aos padrões

BAIRD_1985

Score



Live Performer



The first model shows a 'Score' staff and a 'Live Performer' staff. Both staves contain identical musical notation, representing a literal model where the performer reproduces the score exactly.

modelo literal

Score



Live Performer



The second model shows a 'Score' staff and a 'Live Performer' staff. The 'Score' staff contains musical notation, while the 'Live Performer' staff contains a different musical notation, representing an amalgamated model where the performer's output is modified.

modelo amalgamado

Score



Live Performer



The third model shows a 'Score' staff and a 'Live Performer' staff. The 'Score' staff contains musical notation, while the 'Live Performer' staff contains a different musical notation, representing a model without interruptions where the performer's output is modified.

modelo sem interrupções

Artificial Intelligence and Music: Implementing an Interactive Computer Performer

Bridget Baird, Donald Blavins, Noel Zahler

1993

VANTOMME_1995

da entrada?

tempos de ataque somente

técnica de rastreamento?

reconstrução do padrão rítmico da música

premissa?

notas com alturas erradas provavelmente foram

tocadas no tempo certo

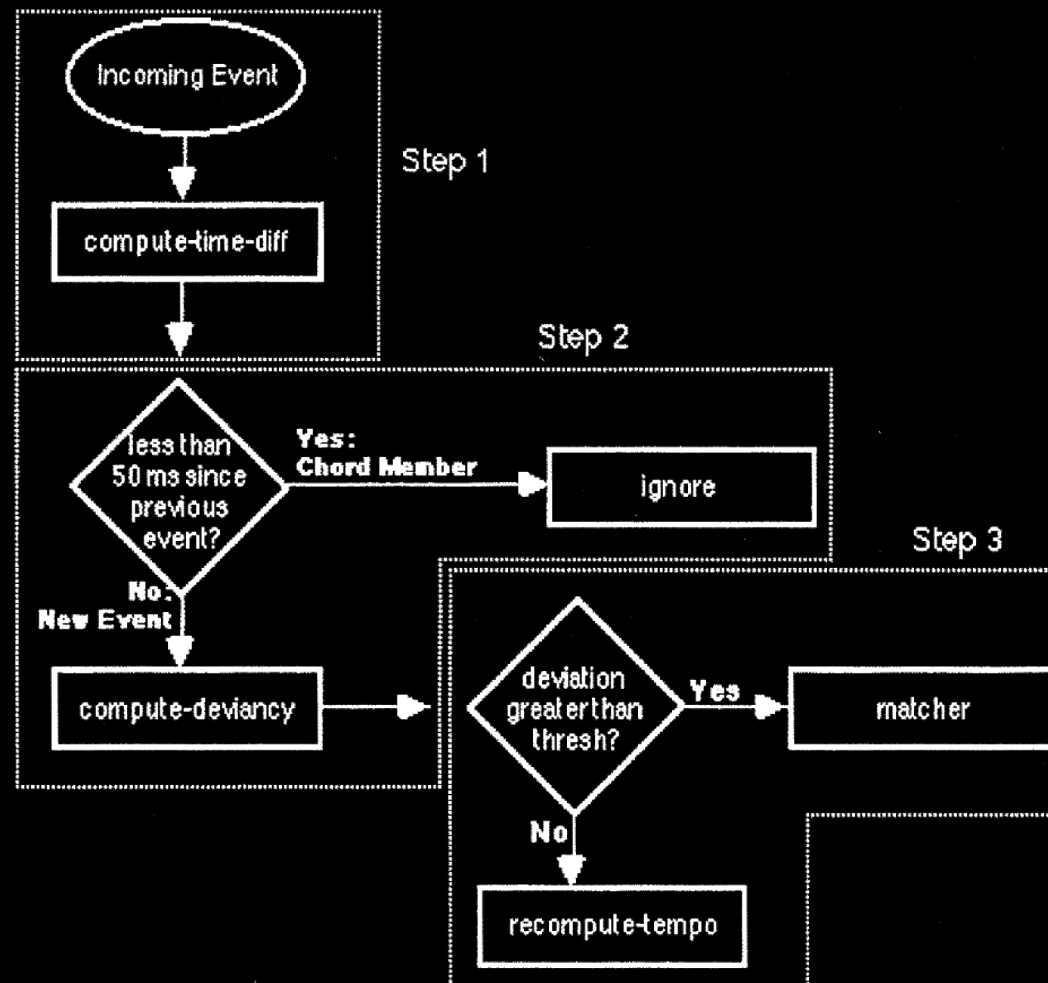
erros tratados?

antecipações, atrasos

envio de relatos?

quando a nota recém chegada passar por 2 testes de delta de tempo

VANTOMME_1995



META-RASTREADOR (CONCEPÇÃO)

comportamentos discrepantes dos rastreadores:

"um rastreador que ignora as alturas musicais deve ser muito bom ao lidar com erros de substituição!"

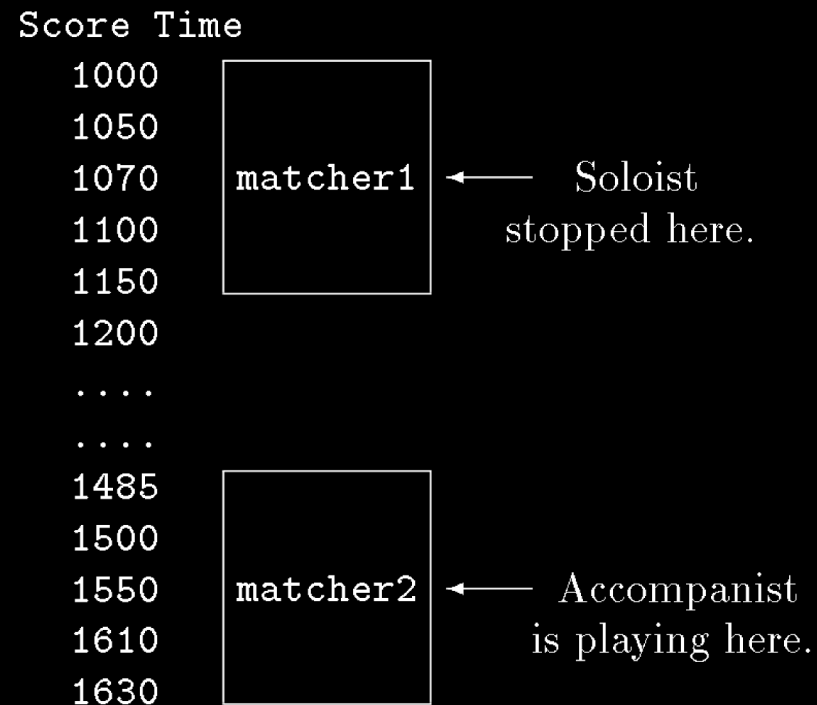
"um rastreador que ignora as durações deve ser muito bom ao lidar com erros de prolongações e encurtamentos!"

...

por que não criar um rastreador que mescla todas as técnicas?

META-RASTREADOR (CONCEPÇÃO)

paralelismo de rastreadores:



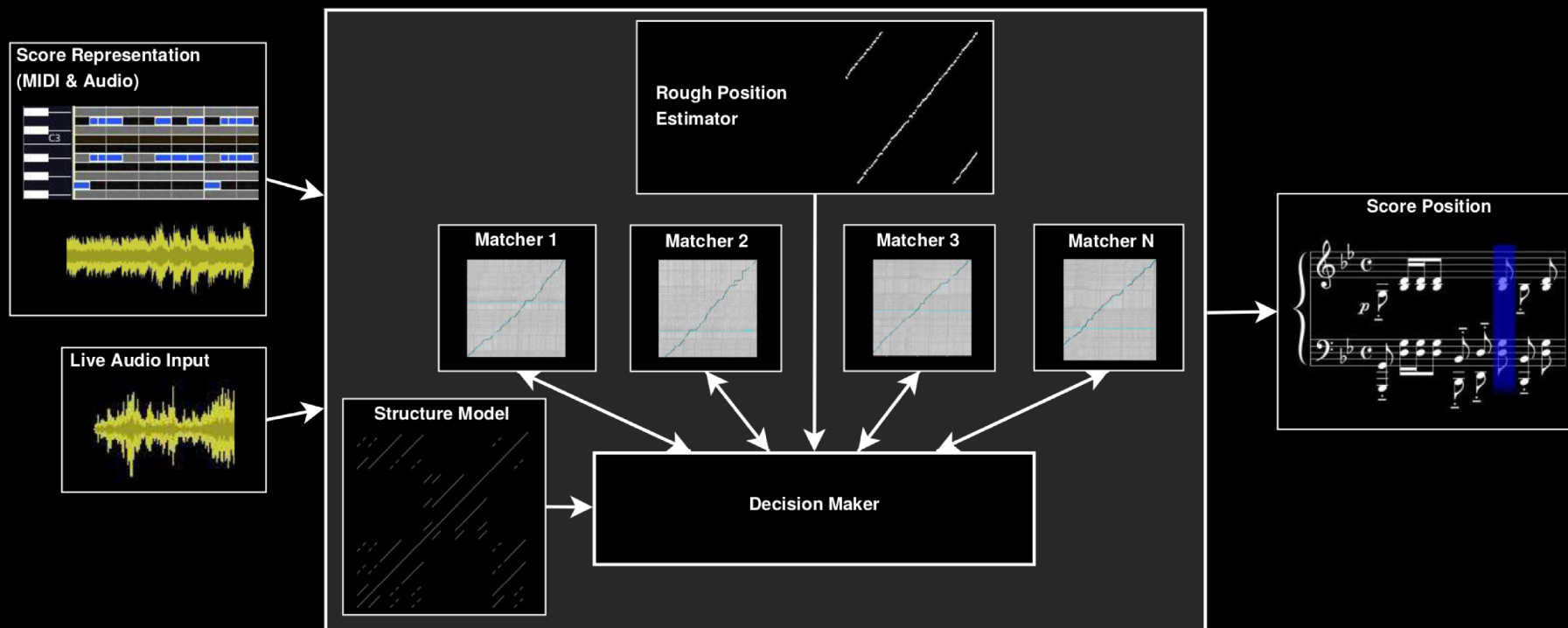
New Techniques for Enhanced Quality of Computer Accompaniment

Roger Dannenberg, Hirofumi Mukaino

1988

META-RASTREADOR (CONCEPÇÃO)

paralelismo de rastreadores:



META-RASTREADOR (IDEIA)

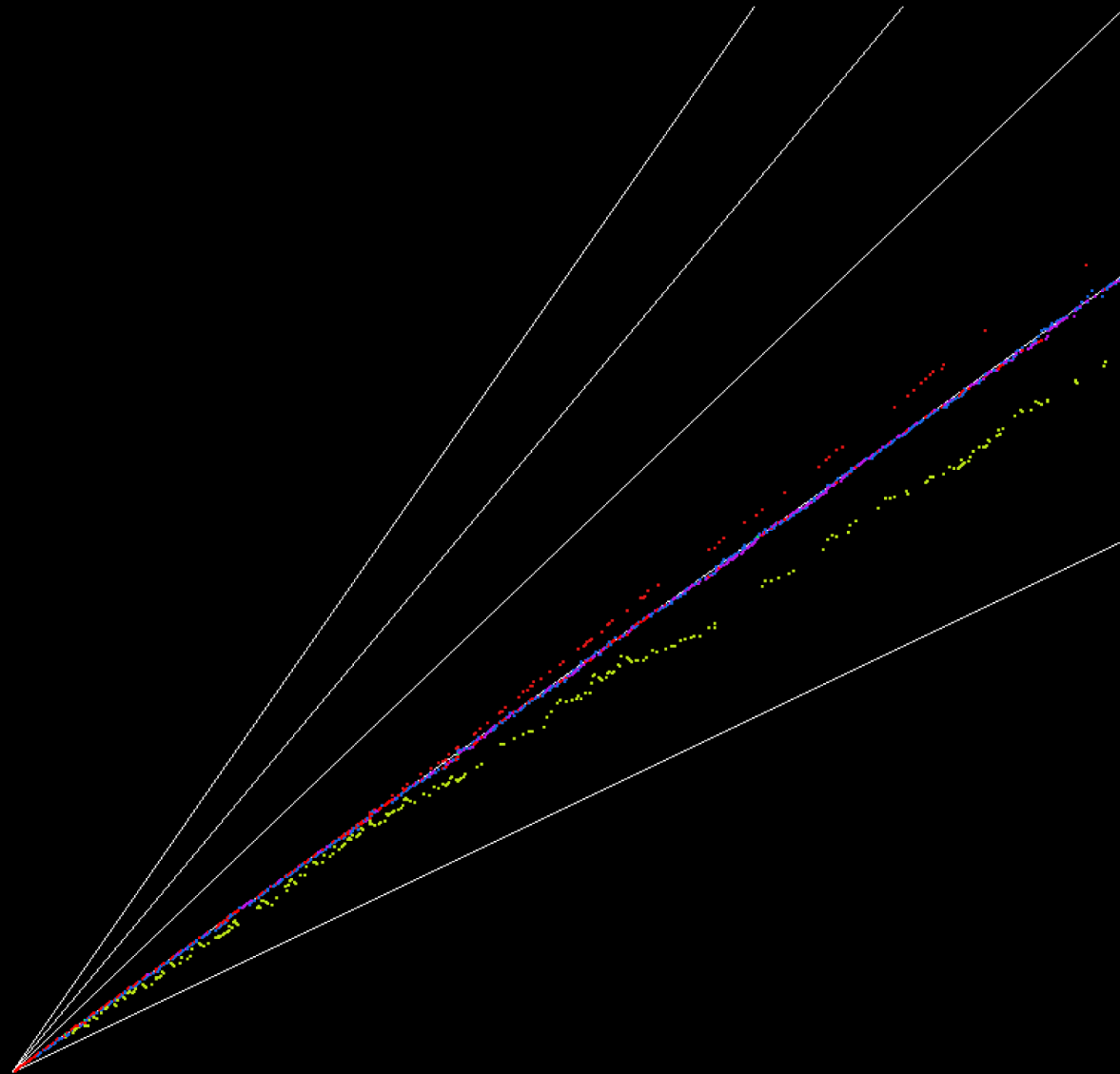
combinar todas as técnicas de rastreamento

rodar rastreadores em paralelo no mesmo ponto da partitura

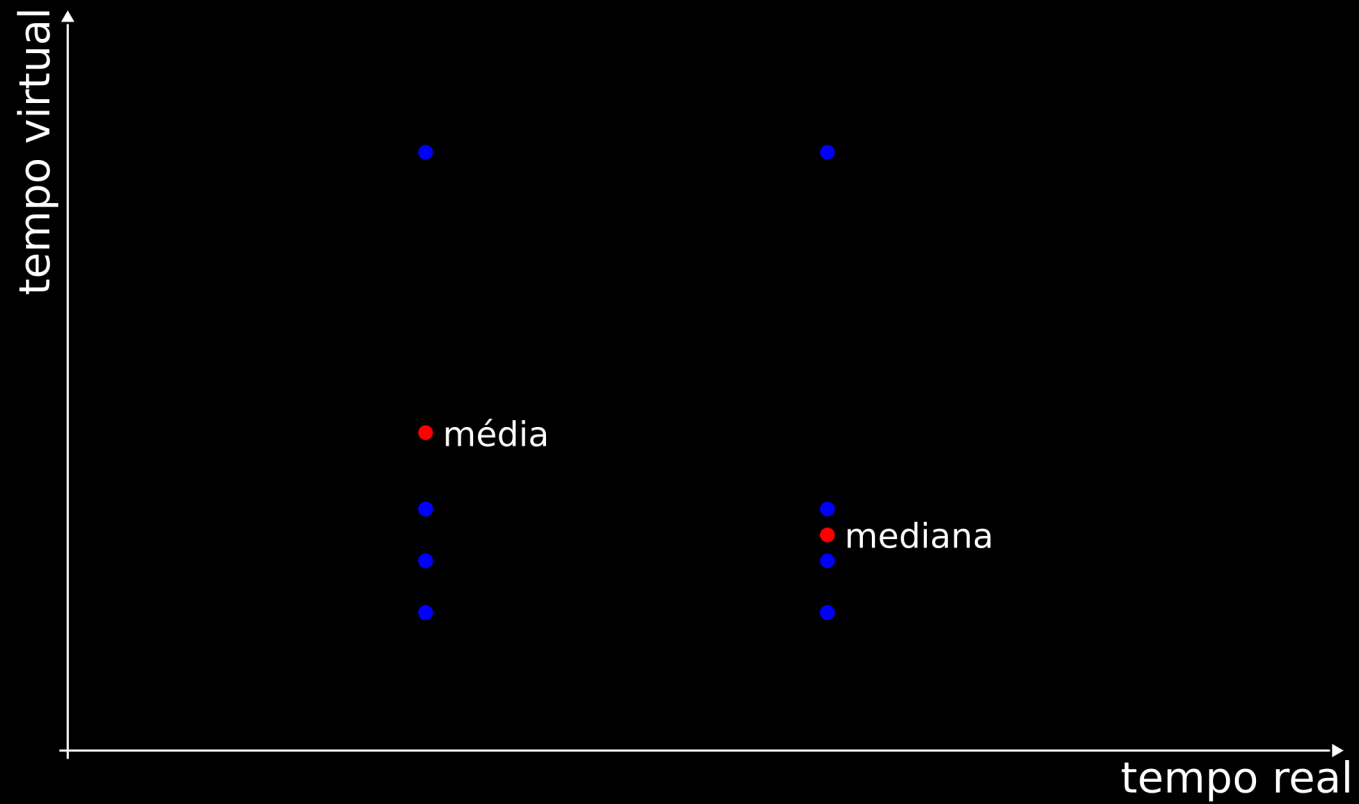
considerar diversas opiniões diferentes sobre a posição do músico na partitura

produzir relatos de maior confiabilidade

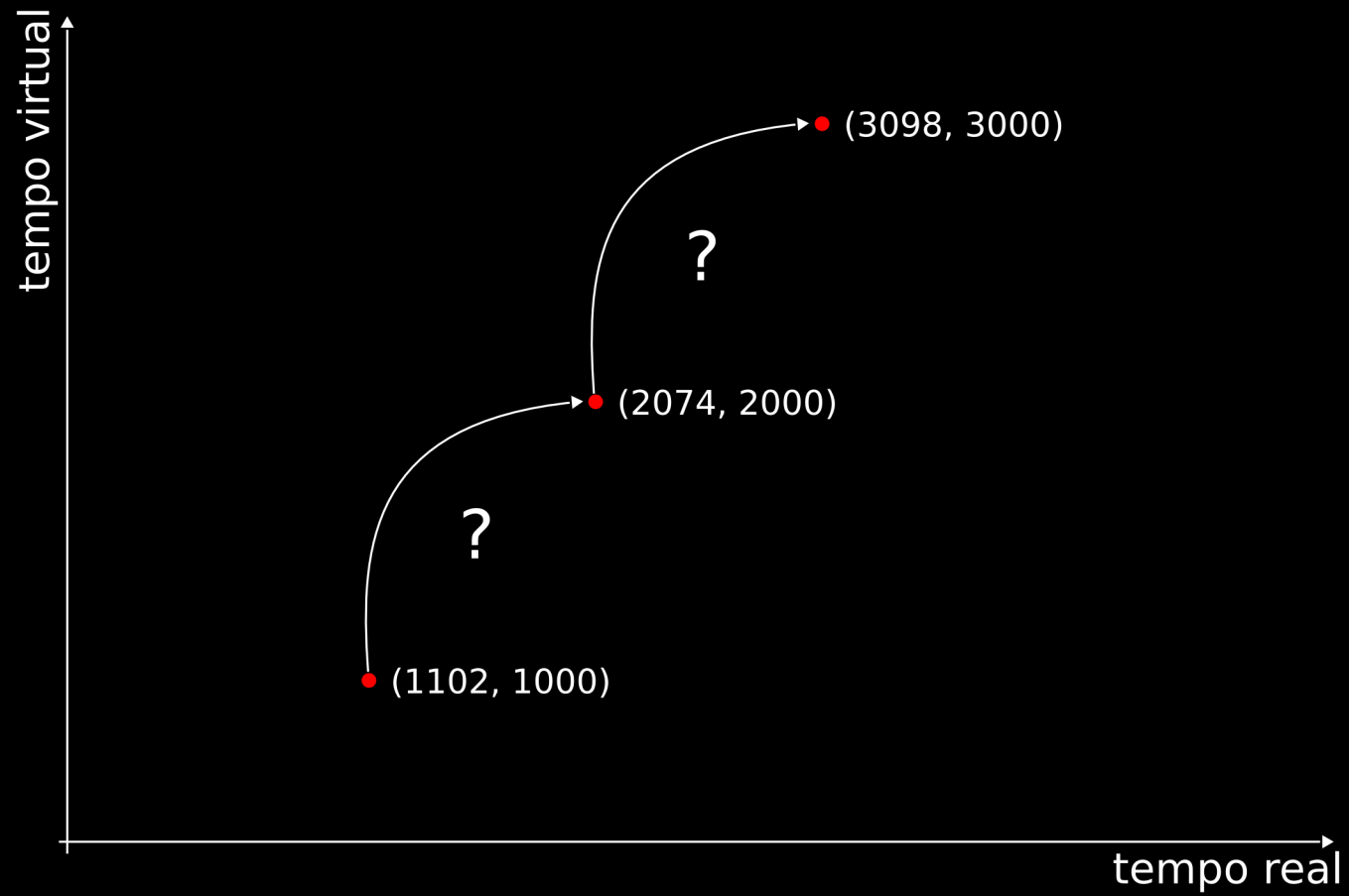
META-RASTREADOR (EXECUÇÃO)



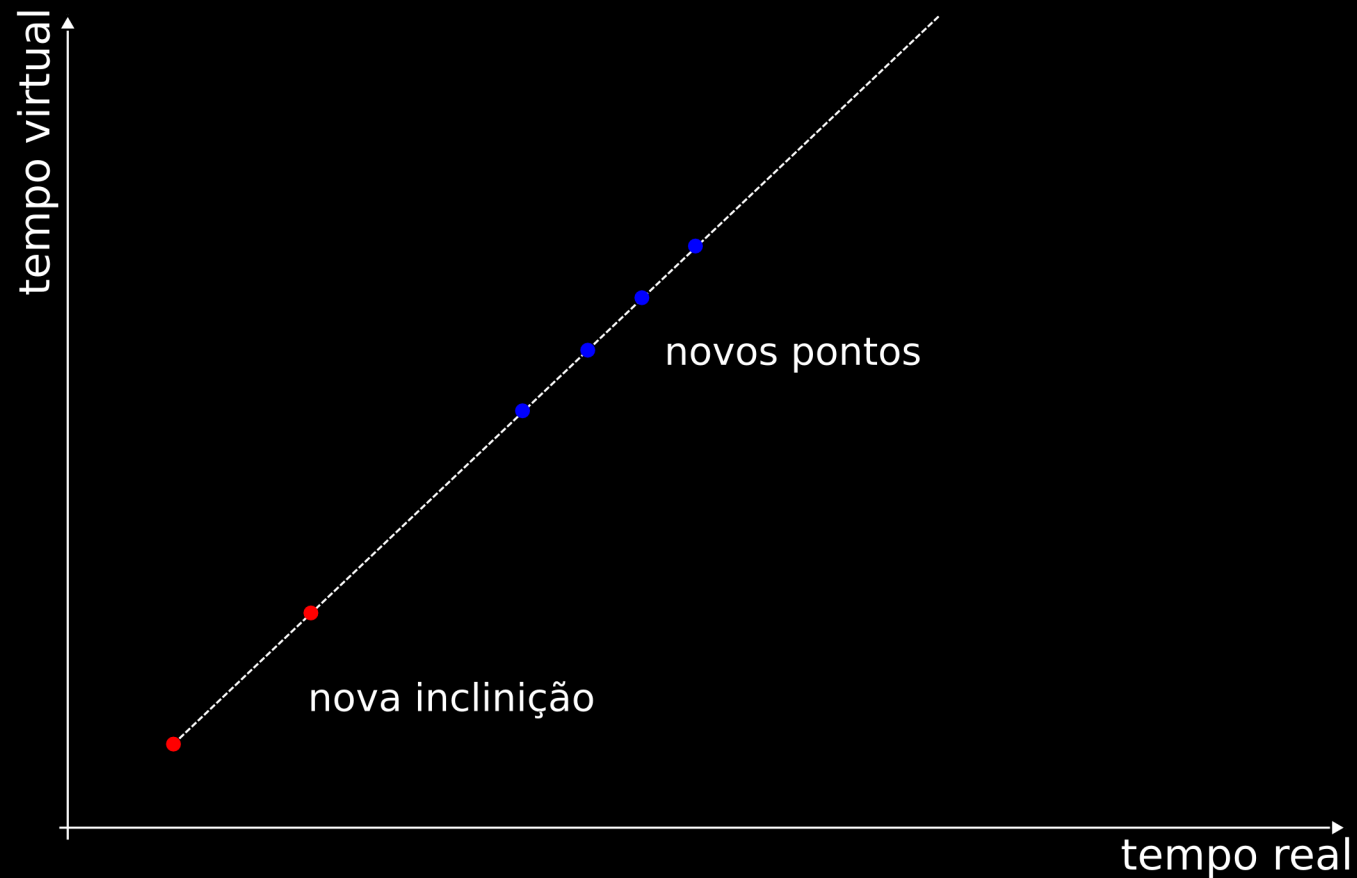
META-RASTREADOR (EXECUÇÃO)



ACOMPANHADOR



ACOMPANHADOR #1

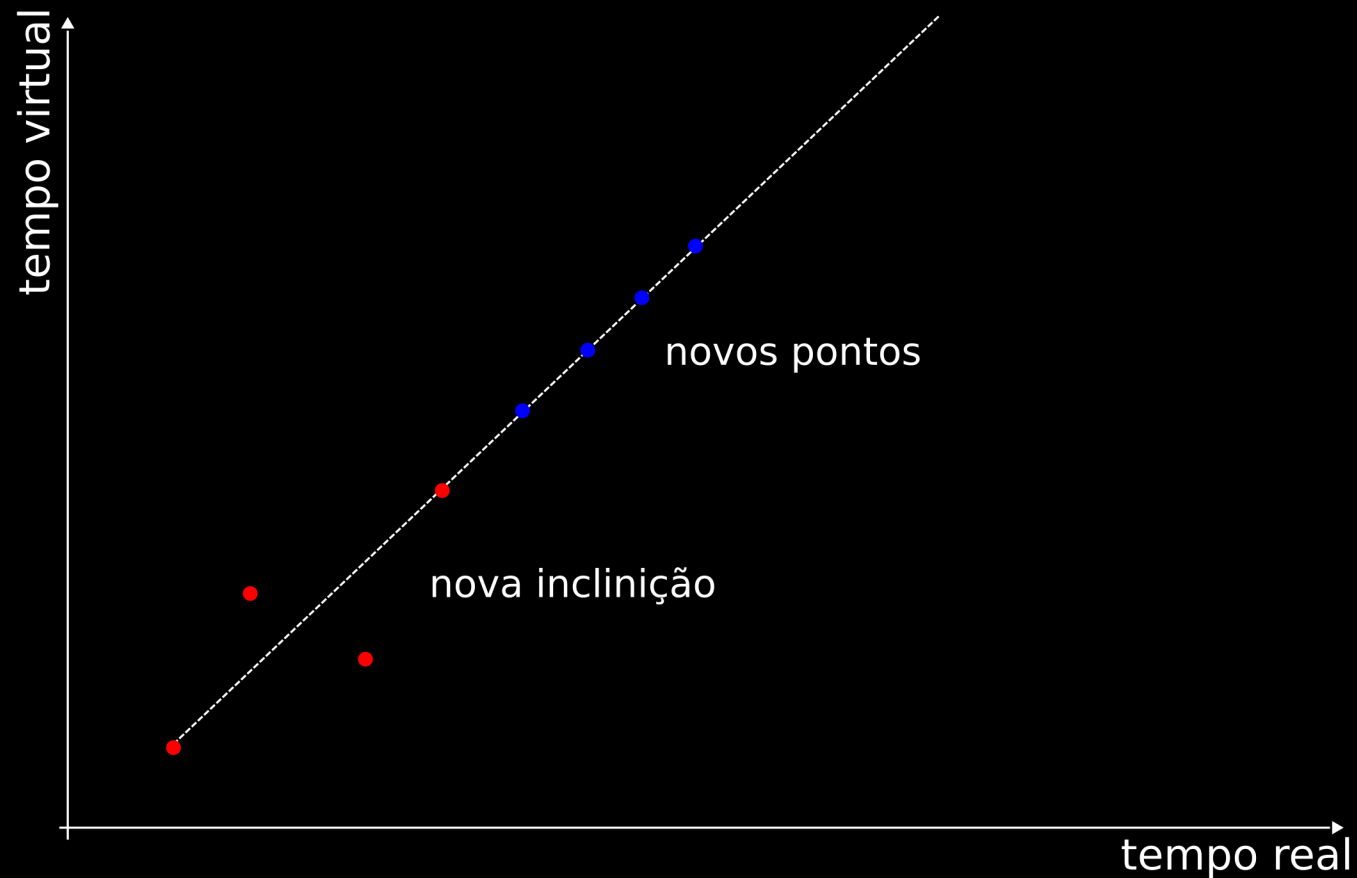


An On-Line Algorithm for Real-Time Accompaniment

Roger Dannenberg

1984

ACOMPANHADOR #2

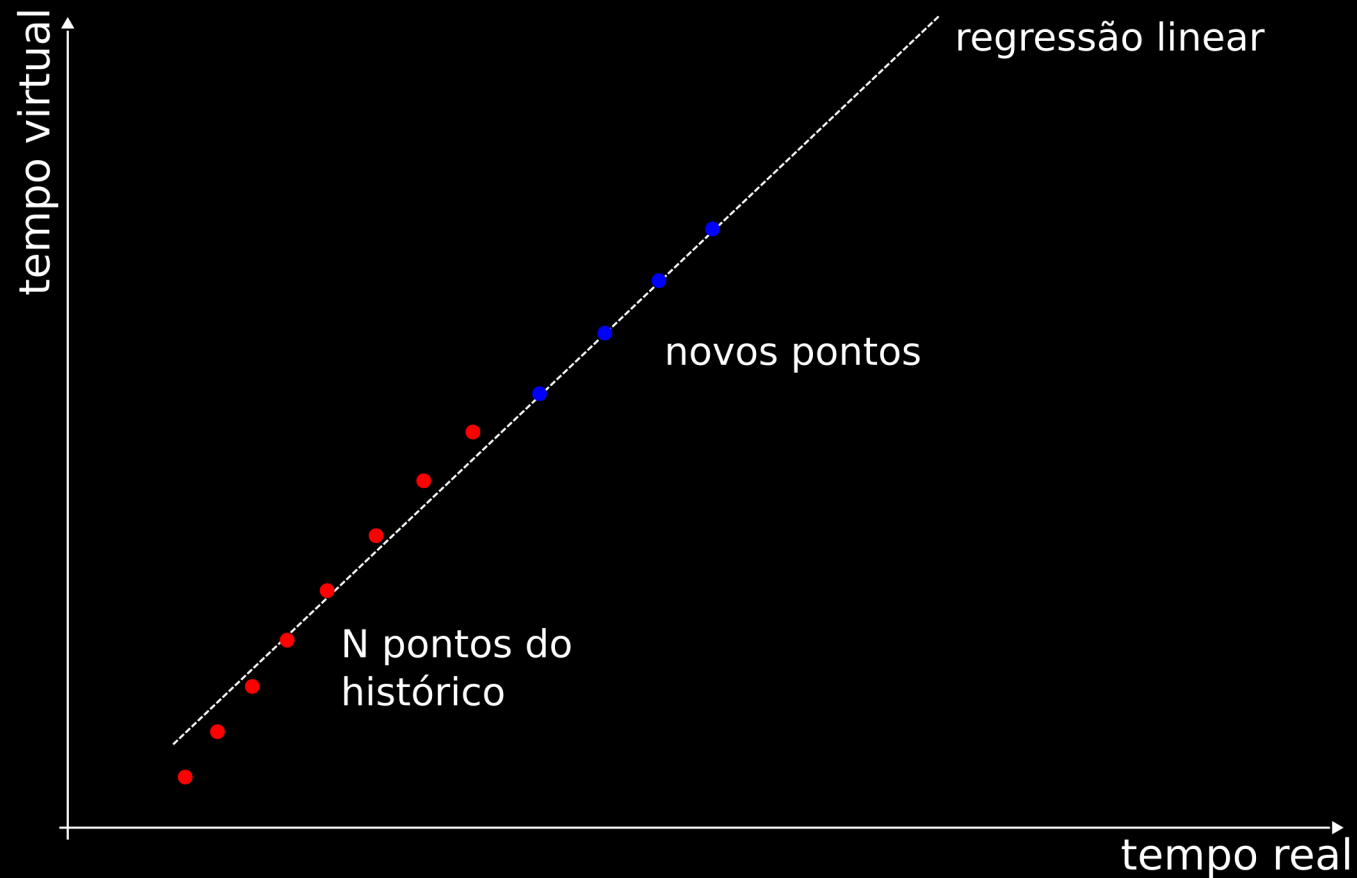


Real-Time Computer Accompaniment of Keyboard Performances

Roger Dannenberg, Joshua Bloch

1985

ACOMPANHADOR #3



Synthetic Rehearsal: Training the Synthetic Performer

Barry Vercoe, Miller Puckette

1985

TESTES (EXECUÇÃO EM LOTE)

// SISTEMA EM TEMPO REAL

```
while (1) {  
    // verifica se tem algum evento MIDI na entrada (via poll);  
    // se houver, chama o algoritmo de rastreamento;  
    // // se tiver relato, atualiza as informações de andamento;  
    // atualiza os dados do relógio virtual;  
    // toca o acompanhamento pendente;  
    sleep(25ms);  
}
```

TESTES (EXECUÇÃO EM LOTE)

// SISTEMA EM LOTE

```
t = 0;
while (t < tempo_total_musica) {
    // verifica se tem algum evento com tempo maior que t;
    // se houver, chama o algoritmo de rastreamento;
    // // se tiver relato, atualiza as informações de andamento;
    // atualiza os dados do relógio virtual;
    t = t + 25;
}
```

TESTES (GERADOR DE ENTRADAS)

8 classes de erros:

substituição

deleção

adição (antes)

adição (depois)

antecipação (até 10%)

atraso (até 10%)

prolongação (até 10%)

encurtamento (até 10%)

parâmetro de destruição:

quantas notas irão sofrer modificações
(até 10%)

TESTES

primeira bateria de testes:

andamento fixo em 75% do original

400 arquivos .mid de entrada

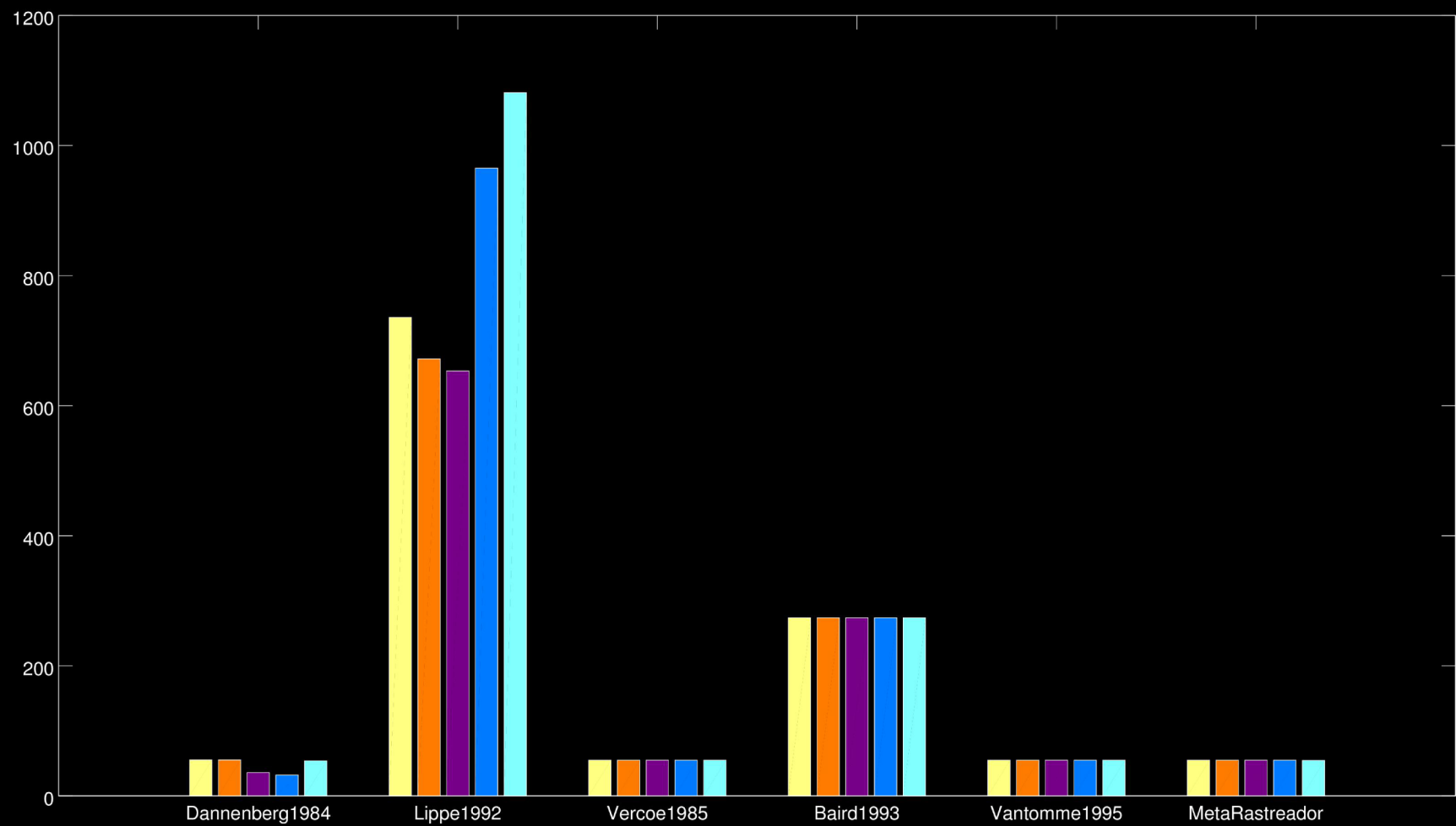
= 8 classes de erro x 5 parâmetros de destruição x 10 lotes de arquivos

regressão linear no Acompanhador

medida de qualidade

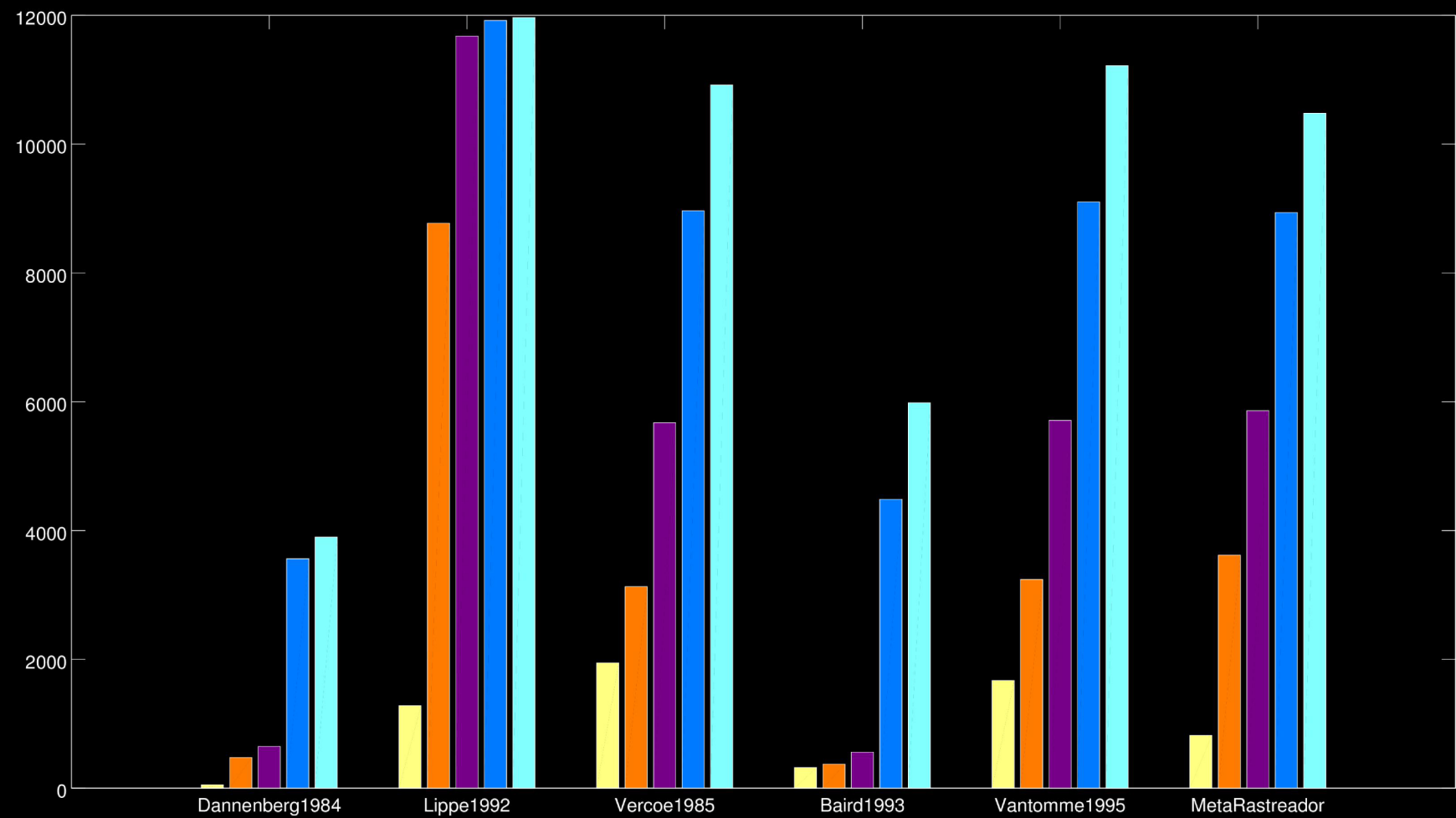
= distância dos pontos do relógio virtual para a reta $y = 0.75 x$

RESULTADOS



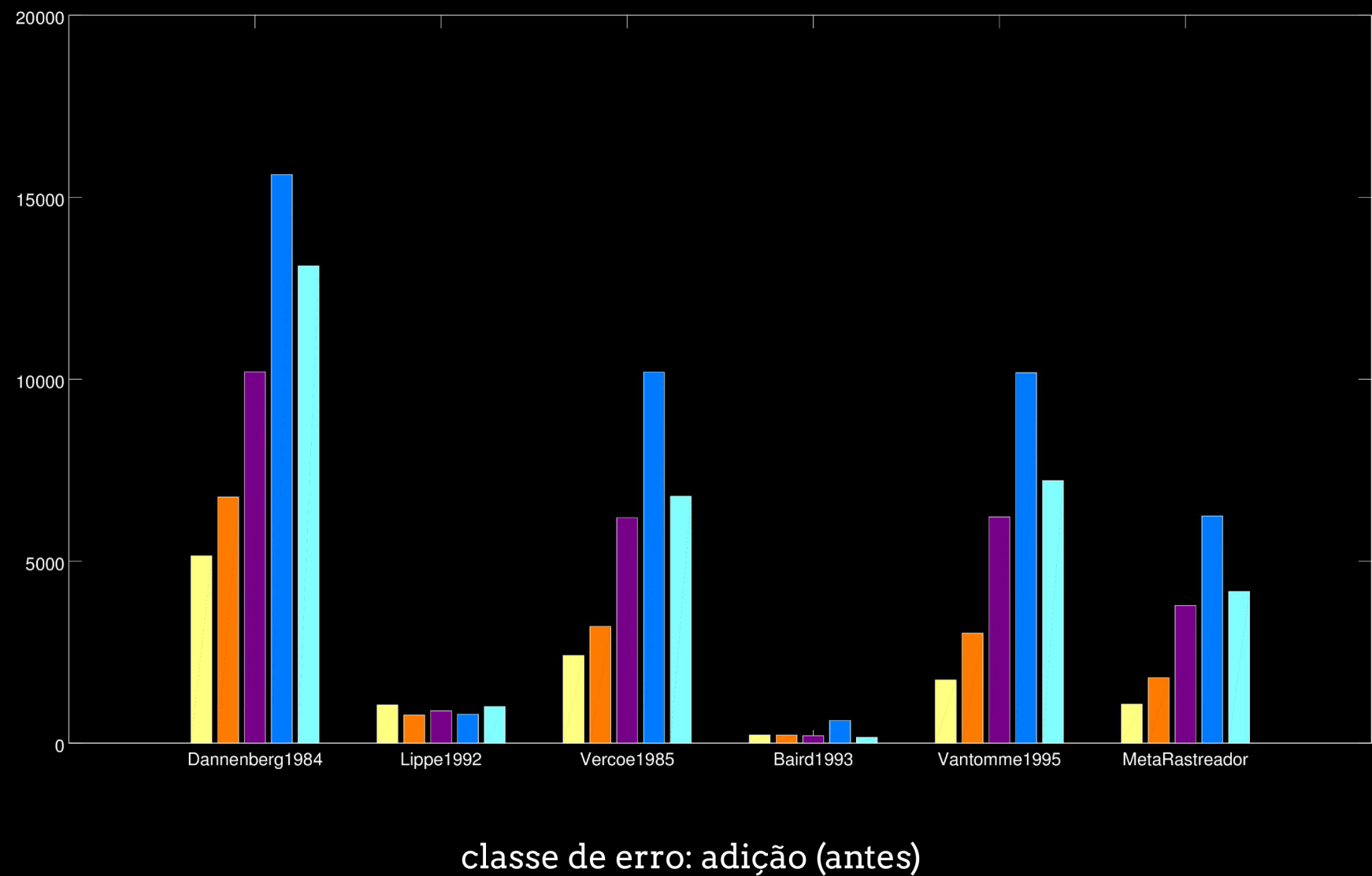
classe de erro: substituição

RESULTADOS

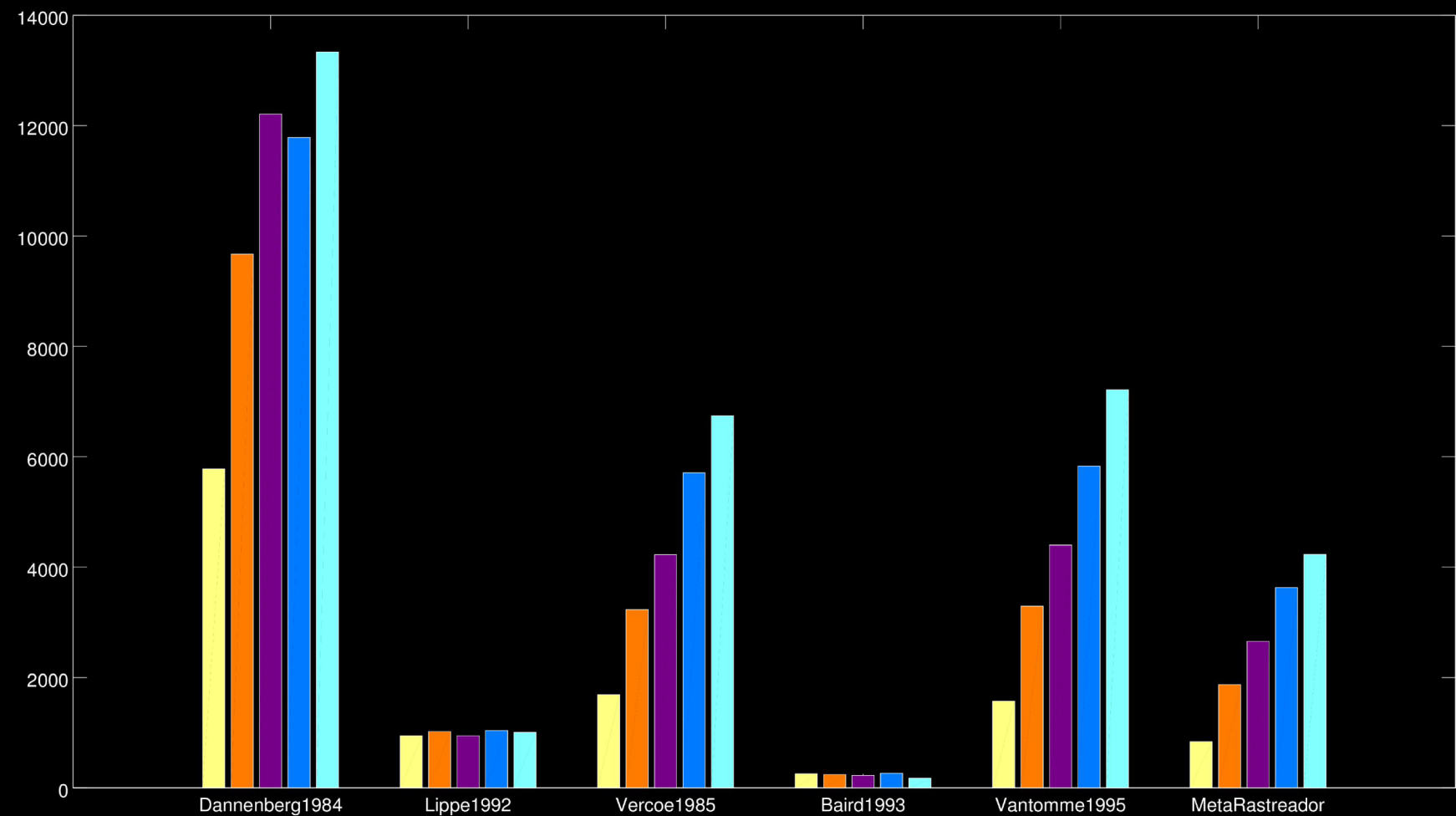


classe de erro: deleção

RESULTADOS

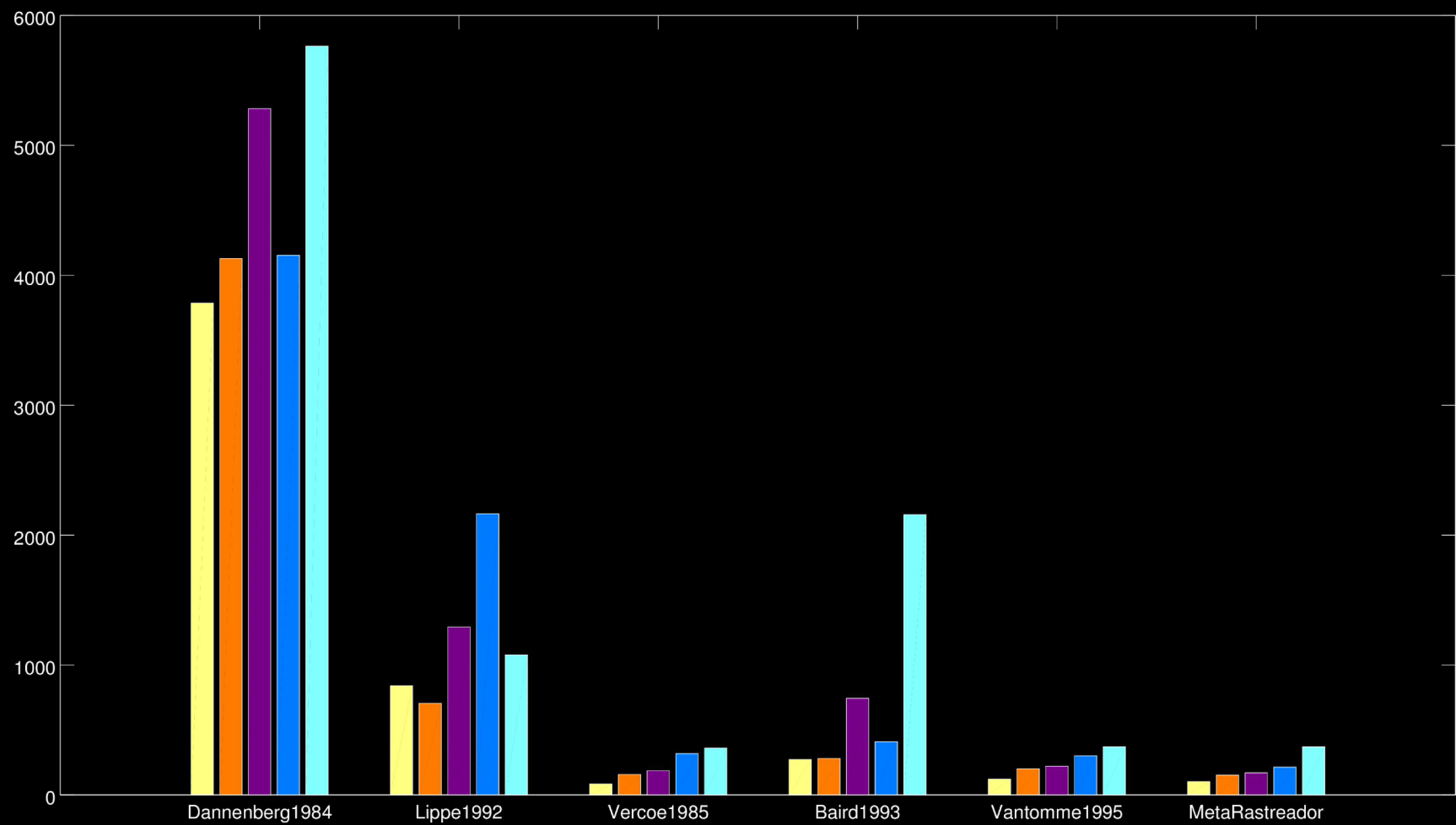


RESULTADOS



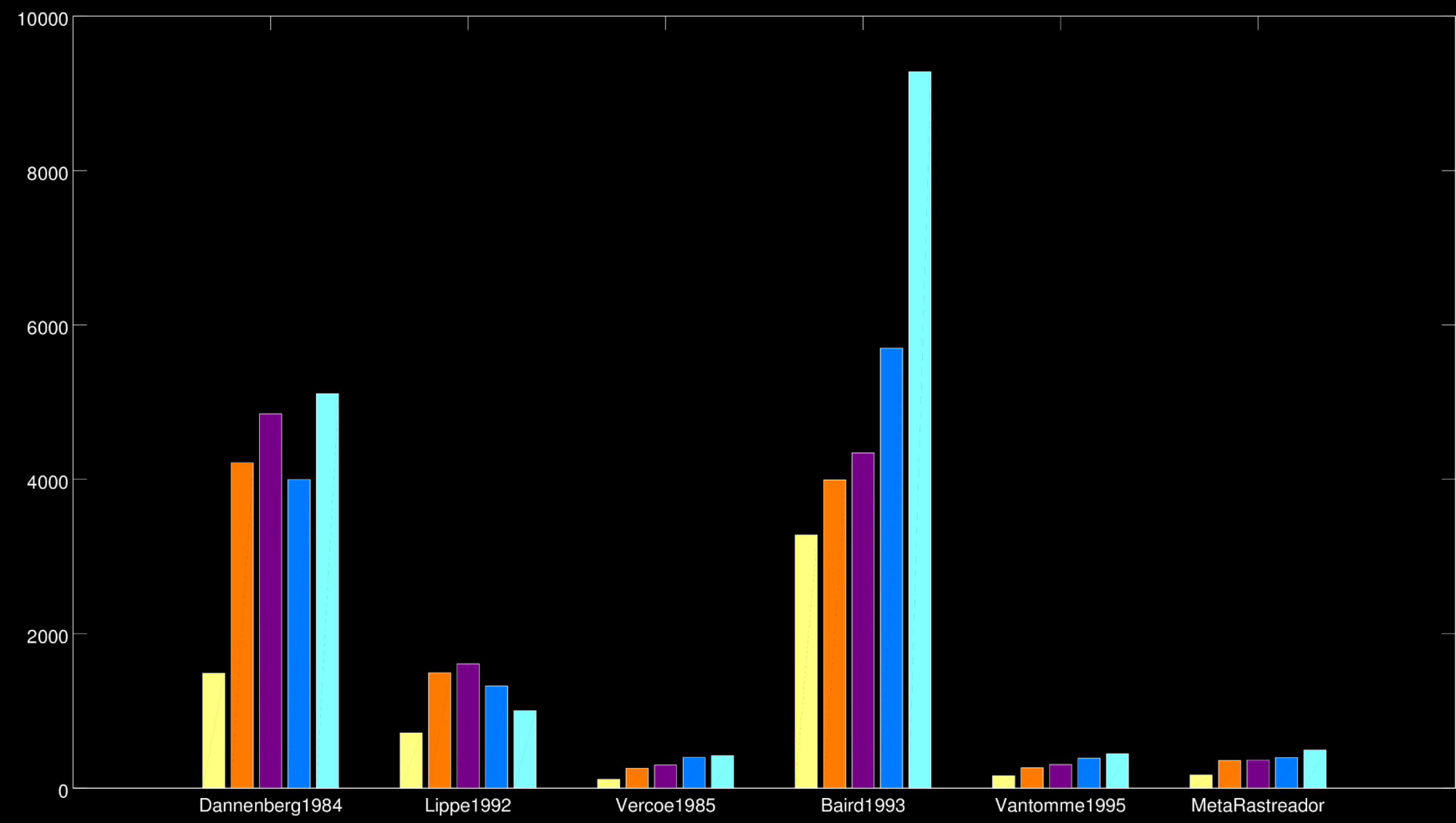
classe de erro: adição (depois)

RESULTADOS



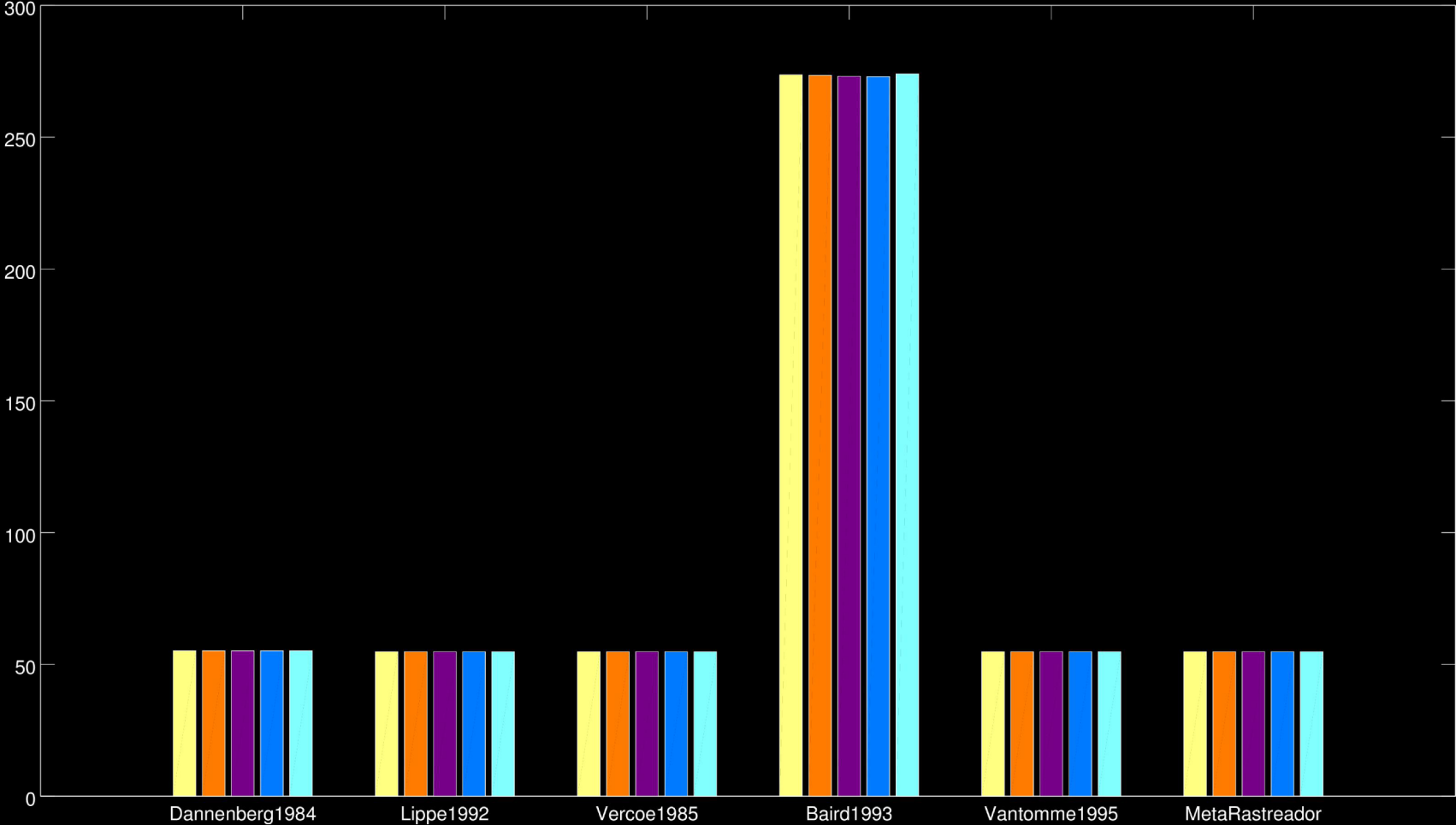
classe de erro: antecipação

RESULTADOS



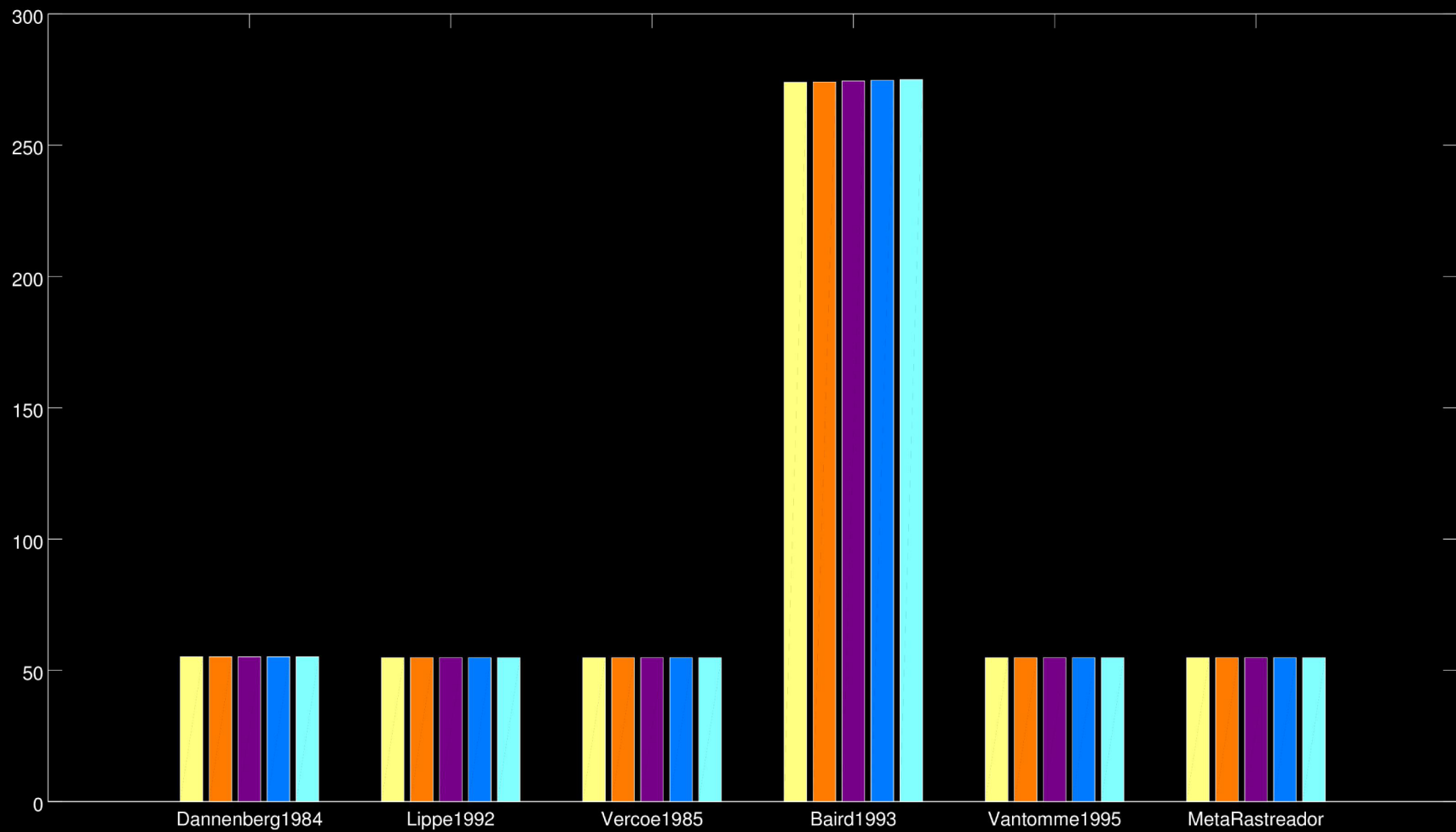
classe de erro: atraso

RESULTADOS



classe de erro: prolongação

RESULTADOS



classe de erro: encurtamento

DÚVIDAS?