

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

**RELATÓRIO DE ALGORITMO IMPLEMENTADO**

**CÁLCULO DE SOLUÇÕES DE PROBLEMAS DE VALOR INICIAL**

**MÉTODO DE EULER**

Aluno: Diego Fernando Luque Martin

Matrícula: 191606

Campinas

2017

Sumário

[1. Introdução 3](#_Toc494573078)

[2. Método 4](#_Toc494573079)

[2.1. Algoritmo 4](#_Toc494573080)

[2.2. Teste 6](#_Toc494573081)

[2.3. Validação 8](#_Toc494573082)

[3. Exercícios resolvidos 9](#_Toc494573083)

[4. Conclusão 13](#_Toc494573092)

[5. Referências 14](#_Toc494573093)

[ANEXO A. Código Fonte 15](#_Toc494573094)

1. Introdução

Este relatório tem por fundamento a apresentação numérica do Método de Euler para resolução de problemas de valor inicial (PVI).

O método descrito aqui é apenas uma das formas de resolução de Equações Diferenciais Ordinárias, sendo que, outros métodos serão estudados posteriormente no curso.

1. Método

O Método de Euler é um método de resolução de problema de valor inicial, onde, como pré-requisito, é necessário possuir o valor inicial dado.

Neste método, adotaremos a aproximação da solução de um problema conforme abaixo:

Com t sendo:

E finalmente temos a aproximação w:

Assim como os métodos estudados anteriormente, é possível efetuar os cálculos manualmente ou por meio da implantação de um algoritmo.

* 1. Algoritmo

O livro Analise Numérica (Burden, Análise Numérica, 2015), fornece o seguinte algoritmo:

ENTRADA: extremidades a e b; número inteiro N; condição inicial α.

SAÍDA: aproximação w de y nos (N + 1) valores de t.

Passo 1: Faça h = (b – a) / N;

t = a;

w = α;

SAÍDA: (t, w)

Passo 2: Para i = 1,2, ..., N, execute os Passos 3 e 4.

Passo 3: Faça w = w + hf(t, w); (Calcule wi.)

t = a + ih. (Calcule ti.)

Passo 4: SAÍDA (t, w).

Passo 5: PARE.

Com base no descrito acima, é sabido que o algoritmo deverá apresentar ao final de sua execução uma aproximação do problema de valor inicial.

Com base no exemplo dado acima, o algoritmo deverá exigir informações do usuário:

- Valor do início do intervalo [a];

- Valor do fim do intervalo [b];

- Número de pontos da malha [n];

- Valor da condição inicial [α].

Após realizadas as iterações de cálculo, o algoritmo deverá apresentar ao final de sua execução uma das seguintes alternativas:

- Aproximação para a solução do problema de valor inicial bem-posto;

- Erro devido a informação de parâmetros informados errados.

Para execução do programa em linguagem de programação, os seguintes parâmetros foram adotados:

- Linguagem de Programação: C;

- Compilador: Code::Blocks 16.01

* 1. Teste

Para teste do código fonte escrito em linguagem de programação C, foi usado exemplo de cálculo dado pelo Livro Análise Numérica (Burden, 2015), página 293:

Resultados:

Digite o início do intervalo [a]: 0

Digite o fim do intervalo [b]: 2

Digite o número de pontos da malha [n]: 10

Digite a condição inicial do valor [alpha]: 0,5

Os parâmetros digitados foram: [a]= 0,000 [b]= 2,000 [n]= 10 [alpha] = 0,500

i= 0 t= 0,00000000 w= 0,50000000 y= 0,50000000 e= 0,00000000

i= 1 t= 0,20000000 w= 0,80000000 y= 0,82929862 e= 0,02929862

i= 2 t= 0,40000000 w= 1,15200000 y= 1,21408761 e= 0,06208761

i= 3 t= 0,60000000 w= 1,55039999 y= 1,64894068 e= 0,09854069

i= 4 t= 0,80000000 w= 1,98847997 y= 2,12722945 e= 0,13874948

i= 5 t= 1,00000000 w= 2,45817597 y= 2,64085913 e= 0,18268316

i= 6 t= 1,20000000 w= 2,94981115 y= 3,17994165 e= 0,23013051

i= 7 t= 1,40000000 w= 3,45177338 y= 3,73239994 e= 0,28062656

i= 8 t= 1,60000000 w= 3,95012805 y= 4,28348398 e= 0,33335593

i= 9 t= 1,80000000 w= 4,42815363 y= 4,81517601 e= 0,38702238

i= 10 t= 2,00000000 w= 4,86578438 y= 5,30547190 e= 0,43968751

A título de avaliação dos erros do método para cálculo de soluções de problemas de valor inicial, foi possível traçar um gráfico tendo o valor de t no eixo horizontal e o valor de w e y no eixo vertical. Desta maneira pode se observar a característica de propagação do erro conforme o valor de t aumenta:

Figura

Foi realizado também um teste com os mesmos parâmetros alterando se apenas o valo de divisões N do intervalo:

Digite o fim do intervalo [b]: 2

Digite o número de pontos da malha [n]: 20

Digite a condição inicial do valor [alpha]: 0,5

Os parâmetros digitados foram: [a]= 0,000 [b]= 2,000 [n]= 20 [alpha] = 0,500

i= 0 t= 0,00000000 w= 0,50000000 y= 0,50000000 e= 0,00000000

i= 1 t= 0,10000000 w= 0,65000000 y= 0,65741456 e= 0,00741456

...

i= 19 t= 1,90000000 w= 4,84045457 y= 5,06705284 e= 0,22659827

i= 20 t= 2,00000000 w= 5,06350003 y= 5,30547190 e= 0,24197186

Também é possível verificar que conforme a diminuição do passo, ou o aumento de divisões N do intervalo [a,b], há uma melhor aproximação w de y(t) como pode ser visto comparando se os resultados e ilustrado na figura 2 onde são plotados os valores de w1 (N=10) e w2 (N=20).

Figura

* 1. Validação

Para validação do algoritmo escrito foi utilizado o exemplo de cálculo demonstrado no livro Análise Numérica, (Burden, 2015), página 293, onde o autor demostra o método de Euler com os seguintes parâmentros:

Os resultados obtidos pelo autor estão na tabela 1 abaixo:

Tabela (Burden, 2011)



Utilizando os mesmos critérios de aproximação e tolerância do exemplo acima e aplicando ao algoritmo, obteve se os seguintes resultados:

i= 0 t= 0,00000000 w= 0,50000000 y= 0,50000000 e= 0,00000000

i= 1 t= 0,20000000 w= 0,80000000 y= 0,82929862 e= 0,02929862

i= 2 t= 0,40000000 w= 1,15200000 y= 1,21408761 e= 0,06208761

i= 3 t= 0,60000000 w= 1,55039999 y= 1,64894068 e= 0,09854069

i= 4 t= 0,80000000 w= 1,98847997 y= 2,12722945 e= 0,13874948

i= 5 t= 1,00000000 w= 2,45817597 y= 2,64085913 e= 0,18268316

i= 6 t= 1,20000000 w= 2,94981115 y= 3,17994165 e= 0,23013051

i= 7 t= 1,40000000 w= 3,45177338 y= 3,73239994 e= 0,28062656

i= 8 t= 1,60000000 w= 3,95012805 y= 4,28348398 e= 0,33335593

i= 9 t= 1,80000000 w= 4,42815363 y= 4,81517601 e= 0,38702238

i= 10 t= 2,00000000 w= 4,86578438 y= 5,30547190 e= 0,43968751

Com base nos resultados da iteração 10, o algoritmo foi considerado válido pois os valores de w tem igualdade em todas as casas decimais apresentadas pelo autor salvo arredondamentos.

1. Exercícios resolvidos

Exercício 5.2 – 1a (Burden, 2015)

Digite o início do intervalo [a]: 0

Digite o fim do intervalo [b]: 1

Digite o número de pontos da malha [n]: 2

Digite a condição inicial do valor [alpha]: 0,5

Os parâmetros digitados foram: [a]= 0,000 [b]= 1,000 [n]= 2 [alpha] = 0,500

i= 0 t= 0,00000000 w= 0,50000000 y= 0,00000000 e= 0,50000000

i= 1 t= 0,50000000 w= 0,00000000 y= 0,28361651 e= 0,28361651

i= 2 t= 1,00000000 w= 1,12042224 y= 3,21909928 e= 2,09867704

Exercício 5.2 – 1b (Burden, 2015)

Digite o início do intervalo [a]: 2

Digite o fim do intervalo [b]: 3

Digite o número de pontos da malha [n]: 2

Digite a condição inicial do valor [alpha]: 1

Os parâmetros digitados foram: [a]= 2,000 [b]= 3,000 [n]= 2 [alpha] = 1,000

i= 0 t= 2,00000000 w= 1,00000000 y= 1,00000000 e= 0,00000000

i= 1 t= 2,50000000 w= 2,00000000 y= 1,83333333 e= 0,16666667

i= 2 t= 3,00000000 w= 2,62500000 y= 2,50000000 e= 0,12500000

Exercício 5.2 – 2c (Burden, 2015)

Digite o início do intervalo [a]: 2

Digite o fim do intervalo [b]: 3

Digite o número de pontos da malha [n]: 4

Digite a condição inicial do valor [alpha]: 2

Os parâmetros digitados foram: [a]= 2,000 [b]= 3,000 [n]= 4 [alpha] = 2,000

i= 0 t= 2,00000000 w= 2,00000000 y= 2,00000000 e= 0,00000000

i= 1 t= 2,25000000 w= 2,20710678 y= 2,24412107 e= 0,03701429

i= 2 t= 2,50000000 w= 2,49099891 y= 2,56445193 e= 0,07345302

i= 3 t= 2,75000000 w= 2,85468034 y= 2,96519375 e= 0,11051340

i= 4 t= 3,00000000 w= 3,30259646 y= 3,45128655 e= 0,14869009

Exercício 5.2 – 2d (Burden, 2015)

Digite o início do intervalo [a]: 1

Digite o fim do intervalo [b]: 2

Digite o número de pontos da malha [n]: 4

Digite a condição inicial do valor [alpha]: 2

Os parâmetros digitados foram: [a]= 1,000 [b]= 2,000 [n]= 4 [alpha] = 2,000

i= 0 t= 1,00000000 w= 2,00000000 y= 2,00000000 e= 0,00000000

i= 1 t= 1,25000000 w= 1,22732437 y= 1,40319896 e= 0,17587459

i= 2 t= 1,50000000 w= 0,83215016 y= 1,01641011 e= 0,18425995

i= 3 t= 1,75000000 w= 0,57044679 y= 0,73800975 e= 0,16756296

i= 4 t= 2,00000000 w= 0,37882663 y= 0,52968711 e= 0,15086047

Exercício 5.2 – 5a (Burden, 2015)

Digite o início do intervalo [a]: 1

Digite o fim do intervalo [b]: 2

Digite o número de pontos da malha [n]: 10

Digite a condição inicial do valor [alpha]: 1

Os parâmetros digitados foram: [a]= 1,000 [b]= 2,000 [n]= 10 [alpha] = 1,000

i= 0 t= 1,00000000 w= 1,00000000 y= 1,00000000 e= 0,00000000

i= 1 t= 1,10000000 w= 1,00000000 y= 1,00428176 e= 0,00428176

i= 2 t= 1,20000000 w= 1,00826446 y= 1,01495230 e= 0,00668784

i= 3 t= 1,30000000 w= 1,02168948 y= 1,02981365 e= 0,00812417

i= 4 t= 1,40000000 w= 1,03851474 y= 1,04753387 e= 0,00901913

i= 5 t= 1,50000000 w= 1,05766819 y= 1,06726241 e= 0,00959422

i= 6 t= 1,60000000 w= 1,07846110 y= 1,08843267 e= 0,00997157

i= 7 t= 1,70000000 w= 1,10043217 y= 1,11065507 e= 0,01022290

i= 8 t= 1,80000000 w= 1,12326206 y= 1,13365352 e= 0,01039147

i= 9 t= 1,90000000 w= 1,14672360 y= 1,15722847 e= 0,01050487

i= 10 t= 2,00000000 w= 1,17065157 y= 1,18123221 e= 0,01058064

Exercício 5.2 – 5b (Burden, 2015)

Digite o início do intervalo [a]: 1

Digite o fim do intervalo [b]: 3

Digite o número de pontos da malha [n]: 10

Digite a condição inicial do valor [alpha]: 0

Os parâmetros digitados foram: [a]= 1,000 [b]= 3,000 [n]= 10 [alpha] = 0,000

i= 0 t= 1,00000000 w= 0,00000000 y= 0,00000000 e= 0,00000000

i= 1 t= 1,20000000 w= 0,20000000 y= 0,22124283 e= 0,02124283

i= 2 t= 1,40000000 w= 0,43888888 y= 0,48968163 e= 0,05079275

i= 3 t= 1,60000000 w= 0,72124276 y= 0,81275278 e= 0,09151002

i= 4 t= 1,80000000 w= 1,05203805 y= 1,19943857 e= 0,14740052

i= 5 t= 2,00000000 w= 1,43725119 y= 1,66128170 e= 0,22403052

i= 6 t= 2,20000000 w= 1,88426085 y= 2,21350193 e= 0,32924109

i= 7 t= 2,40000000 w= 2,40226965 y= 2,87655187 e= 0,47428222

i= 8 t= 2,60000000 w= 3,00283723 y= 3,67847490 e= 0,67563767

i= 9 t= 2,80000000 w= 3,70060081 y= 4,65866470 e= 0,95806389

i= 10 t= 3,00000000 w= 4,51427755 y= 5,87410021 e= 1,35982265

Exercício 5.2 – 6c (Burden, 2015)

Digite o início do intervalo [a]: 1

Digite o fim do intervalo [b]: 3

Digite o número de pontos da malha [n]: 10

Digite a condição inicial do valor [alpha]: -2

Os parâmetros digitados foram: [a]= 1,000 [b]= 3,000 [n]= 10 [alpha] = -2,000

i= 0 t= 1,00000000 w= -2,00000000 y= -2,00000000 e= 0,00000000

i= 1 t= 1,20000000 w= -1,60000000 y= -1,71428567 e= 0,11428567

i= 2 t= 1,40000000 w= -1,44000000 y= -1,55555557 e= 0,11555557

i= 3 t= 1,60000000 w= -1,34948570 y= -1,45454544 e= 0,10505975

i= 4 t= 1,80000000 w= -1,29053246 y= -1,38461540 e= 0,09408293

i= 5 t= 2,00000000 w= -1,24887229 y= -1,33333333 e= 0,08446105

i= 6 t= 2,20000000 w= -1,21779132 y= -1,29411764 e= 0,07632632

i= 7 t= 2,40000000 w= -1,19368001 y= -1,26315788 e= 0,06947787

i= 8 t= 2,60000000 w= -1,17441401 y= -1,23809525 e= 0,06368124

i= 9 t= 2,80000000 w= -1,15865752 y= -1,21739131 e= 0,05873378

i= 10 t= 3,00000000 w= -1,14552683 y= -1,20000000 e= 0,05447317

Exercício 5.2 – 6d (Burden, 2015)

Digite o início do intervalo [a]: 0

Digite o fim do intervalo [b]: 1

Digite o número de pontos da malha [n]: 10

Digite a condição inicial do valor [alpha]: 1

Os parâmetros digitados foram: [a]= 0,000 [b]= 1,000 [n]= 10 [alpha] = 1,000

i= 0 t= 0,00000000 w= 1,00000000 y= 1,00000000 e= 0,00000000

i= 1 t= 0,10000000 w= 1,00000000 y= 1,01481545 e= 0,01481545

i= 2 t= 0,20000000 w= 1,03000000 y= 1,05718100 e= 0,02718100

i= 3 t= 0,30000000 w= 1,08706991 y= 1,12169802 e= 0,03462811

i= 4 t= 0,40000000 w= 1,16484630 y= 1,20148599 e= 0,03663969

i= 5 t= 0,50000000 w= 1,25560963 y= 1,28980529 e= 0,03419566

i= 6 t= 0,60000000 w= 1,35211432 y= 1,38093126 e= 0,02881694

i= 7 t= 0,70000000 w= 1,44848725 y= 1,47041523 e= 0,02192798

i= 8 t= 0,80000000 w= 1,54039826 y= 1,55503142 e= 0,01463316

i= 9 t= 0,90000000 w= 1,62490488 y= 1,63261318 e= 0,00770830

i= 10 t= 1,00000000 w= 1,70021488 y= 1,70187008 e= 0,00165521

Exercício 5.2 – 16 (Burden, 2015)

Substituindo ε, C, R e L em y’:

Com:

Para efeito de cálculo do algoritmo a função f (solução da equação diferencial ordinária) retornará sempre o valor 1, o valor de y e o valor de e devem ser desconsiderados:

Digite o início do intervalo [a]: 0

Digite o fim do intervalo [b]: 10

Digite o número de pontos da malha [n]: 100

Digite a condição inicial do valor [alpha]: 0

Os parâmetros digitados foram: [a]= 0,000 [b]= 10,000 [n]= 100 [alpha] = 0,000

i= 0 t= 0,00000000 w= 0,00000000 y= 1,00000000 e= 1,00000000

i= 1 t= 0,10000000 w= -0,12023799 y= 1,00000000 e= 1,12023799

i= 2 t= 0,20000000 w= -0,22153473 y= 1,00000000 e= 1,22153473

i= 3 t= 0,30000000 w= -0,30059268 y= 1,00000000 e= 1,30059268

i= 4 t= 0,40000000 w= -0,35511413 y= 1,00000000 e= 1,35511413

i= 5 t= 0,50000000 w= -0,38385485 y= 1,00000000 e= 1,38385485

...

i= 95 t= 9,50000000 w= 0,18956961 y= 1,00000000 e= 0,81043039

i= 96 t= 9,60000000 w= 0,17157531 y= 1,00000000 e= 0,82842469

i= 97 t= 9,70000000 w= 0,15722136 y= 1,00000000 e= 0,84277864

i= 98 t= 9,80000000 w= 0,14693958 y= 1,00000000 e= 0,85306042

i= 99 t= 9,90000000 w= 0,14098520 y= 1,00000000 e= 0,85901480

i= 100 t= 10,00000000 w= 0,13943309 y= 1,00000000 e= 0,86056691

1. Conclusão

Foi possível verificar durante o estudo do método que a aproximação calculada por w apresenta um erro crescente proporcional ao aumento do valor de t, ou seja, na soma dos passos h, porém quanto maior o número de divisões ou quanto menor o passo h dentro dos limites de a e b, pode se observar a diminuição do erro.

Constatou se que o método é relativamente simples, porém apresenta erro relativamente alto, o que o torna pouco utilizável na prática.

.

1. Referências

Burden, R. L. (2011). *Numerical Analysis* (9th Edition ed.). Boston: Cengage Learning.

Burden, R. L. (2015). *Análise Numérica* (Tradução da 10ª edição norte-americana ed.). São Paulo: Cengage Learning.

1. Código Fonte

/\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* \brief Programa realizado para a Aula de Métodos Númericos em Fenômenos de Transporte

\* Análise Numérica - Burden, Richard - 10ª edição - Pág. 78

\* Algoritmo 5.1 - Método de Euler

\*

\* \param Extremidade a

\* \param Extremidade b

\* \param Número de Pontos da Malha

\* \param Condição Inicial w0

\* \return Aproximação w de y em (N+1) valores de t

\*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/

#include <stdio.h>

#include <math.h>

#include <locale.h>

/\*Função f(solução da equação diferencial ordinária\*/

float f(float t, float y)

{

/\*validação ex. 1 no intervalo [0,2], n = 10, w0 = 0,5\*/ return(pow((t + 1), 2) - 0.5 \* exp(t));

/\*exercicio 5.2-1a no intervalo [0,1], n = 2, w0 = 0,5\*/ /\*return((exp(-(2\*t))/25)+(t\*exp(3\*t)/5)-(exp(3\*t)/25));\*/

/\*exercicio 5.2-1b no intervalo [2,3], n = 2, w0 = 2\*/ /\*return(t + (1 / (1 - t)));\*/

/\*exercicio 5.2-2c no intervalo [2,3], n = 4, w0 = 2\*/ /\*return(pow((t - 2 + sqrt(2) \* exp(1) \* 1 / exp(t / 2)),2));\*/

/\*exercicio 5.2-2d no intervalo [1,2], n = 4, w0 = 2\*/ /\*return((4 + cos(2) - cos(2 \* t)) / (2 \* pow(t, 2)));\*/

/\*exercicio 5.2-5a no intervalo [1,2], n = 10, w0 = 1\*/ /\*return(t / (1 + log(t)));\*/

/\*exercicio 5.2-5b no intervalo [1,3], n = 10, w0 = 0\*/ /\*return(t \* tan(log(t)));\*/

/\*exercicio 5.2-6c no intervalo [1,3], n = 10, w0 = -2\*/ /\*return((2 \* t) / (1 - 2 \* t));\*/

/\*exercicio 5.2-6d no intervalo [0,1], n = 10, w0 = 1/3\*/ /\*return(sqrt(4 - 3 \* exp(-pow(t,2))));\*/

/\*exercicio 5.2-16 no intervalo [0,10], n = 100, w0 = 0\*/ /\*return(1);\*/

}

/\*Função derivada f'\*/

float dy(float t, float w)

{

/\*validação ex. 1 no intervalo [0,2], n = 10, w0 = 0,5\*/ return(w - pow(t, 2) +1);

/\*exercicio 5.2-1a no intervalo [0,1], n = 2, w0 = 0,5\*/ /\*return(t \* exp(3 \* t) - 2 \* w);\*/

/\*exercicio 5.2-1b no intervalo [2,3], n = 2, w0 = 2\*/ /\*return(1 + pow((t - w),2));\*/

/\*exercicio 5.2-2c no intervalo [2,3], n = 4, w0 = 2\*/ /\*return(-w + t \* sqrt(w));\*/

/\*exercicio 5.2-2d no intervalo [1,2], n = 4, w0 = 2\*/ /\*return(pow(t, -2) \* (sin(2 \* t) - 2 \* t \* w));\*/

/\*exercicio 5.2-5a no intervalo [1,2], n = 10, w0 = 1\*/ /\*return(w / t - pow((w / t), 2));\*/

/\*exercicio 5.2-5b no intervalo [1,3], n = 10, w0 = 0\*/ /\*return(1 + w / t + pow((w / t), 2));\*/

/\*exercicio 5.2-6c no intervalo [1,3], n = 10, w0 = -2\*/ /\*return(pow(t, -1) \* (pow(w, 2) +w));\*/

/\*exercicio 5.2-6d no intervalo [0,1], n = 10, w0 = 1/3\*/ /\*return(-t \* w + 4 \* t \* (1 / w));\*/

/\*exercicio 5.2-16 no intervalo [0,10], n = 100, w0 = 0\*/ /\*return(1 / exp(0.188496 \* t) \* ((-1.20238) \* cos(2 \* t) + (0.735745) \* sin(2 \* t)));\*/

}

/\*Programa principal\*/

int main(void)

{

setlocale(LC\_ALL,"");

/\*Declaração de variáveis\*/

double a, b, alpha, h, t, w;

double y, e;

int n, i;

/\*Entrada de parâmetros\*/

printf("Digite o início do intervalo [a]: ");

scanf("%lf", &a);

printf("Digite o fim do intervalo [b]: ");

scanf("%lf", &b);

printf("Digite o número de pontos da malha [n]: ");

scanf("%d", &n);

printf("Digite a condição inicial do valor [alpha]: ");

scanf("%lf", &alpha);

/\*Exibição dos parâmetros de cáculo para o usuário\*/

printf ("\nOs parâmetros digitados foram: [a]= %.3f [b]= %.3f [n]= %i [alpha] = %.3f \n", a, b, n, alpha);

/\*Cálculo do Passo h\*/

h = (b - a) / n;

t = a;

w = alpha;

for(i=0; i<=n; i++)

{

/\*Cálculo de ti\*/

t = a + i \* h;

/\*Cálculo da solução da equação diferencial\*/

y = f(t , w);

/\*Erro (diferença do valor exato y com a aproximação w)\*/

e = fabs(y - w);

/\*Exibição dos valores calculados para o usuário\*/

printf("i= %d \t t= %.8f \t w= %.8f \t y= %.8f \t e= %.8f \n", i, t, w, y, e);

/\*Equação de diferença de Euler\*/

w = w + h \* dy(t, w);

}

return 0;

}